



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERANAN MANGROVE *Avicennia marina*  
DAN *Rhizopora apiculeta* DALAM  
MENURUNKAN LOGAM Zn**

ISBIR FARHAN  
NRP. 3313100121

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir.Mohammad Razif,MM.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERANAN MANGROVE *Avicennia marina*  
DAN *Rhizopora apiculeta* DALAM  
MENURUNKAN LOGAM Zn**

ISBIR FARHAN  
NRP. 3313100121

DOSEN PEMBIMBING  
Dr.Ir.Mohammad Razif,MM.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





FINAL PROJECT - RE 141581

**THE ROLE OF MANGROVE *Avicenia marina*  
AND *Rhizopora apiculeta* TO REMOVE Zn  
METAL**

ISBIR FARHAN  
NRP. 3313100121

SUPERVISOR  
Dr.Ir.Mohammad Razif,MM.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty Of Civil Engineering and Planning  
Institute Of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



## LEMBAR PENGESAHAN

### PERANAN MANGROVE *Avicennia marina* DAN *Rhizophora apiculeta* DALAM MENURUNKAN LOGAM Zn

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ISBIR FARHAN**  
NRP 3313 100 121

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.  
19530502 198103 1 004







“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## **PERANAN MANGROVE *Avicennia marina* DAN *Rhizophora apiculeta* DALAM MENURUNKAN LOGAM BERAT Zn.**

Nama Mahasiswa : Isbir Farhan  
NRP : 3313100121  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.

### **ABSTRAK**

Hutan mangrove di Indonesia terutama Pulau Jawa terus mengalami degradasi akibat konversi peruntukan yaitu tambak, penebangan kayu mangrove untuk berbagai keperluan, disamping rendahnya kesadaran masyarakat tentang fungsi ekologis hutan mangrove dan ketidakpastian status kawasan. Keseimbangan ekologi lingkungan perairan pantai akan tetap terjaga apabila keberadaan mangrove dipertahankan karena mangrove dapat berfungsi sebagai biofilter, agen pengikat dan perangkap polusi, penangkap sumber pencemar yang sangat banyak dan memiliki toleransi yang tinggi terhadap logam berat. Tujuan penelitian ini adalah menghitung seberapa besar efisiensi removal logam Zn dengan menggunakan mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculeta*, serta menentukan jenis mangrove yang paling baik.

Pada metode penelitian ini digunakan dua variabel penelitian. Variabel pertama yaitu jenis mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculeta*. Variabel kedua yaitu konsentrasi polutan larutan artifisial  $\text{ZnSO}_4$  setelah dilakukan uji pendahuluan *Range Finding Test* yaitu 100 mg/L, 200 mg/L dan 300 mg/L dengan pengulangan tiga kali/triplo. Pada penelitian ini digunakan peralatan reaktor skala laboratorium dengan sistem batch.

Hasil penelitian untuk tanaman *Avicennia marina* pada konsentrasi 100 mg/L menghasilkan sebesar 79,83%. Pada konsentrasi 200 mg/L sebesar 70,75% dan pada konsentrasi

300 mg/L sebesar 67,17%. Sedangkan untuk tanaman *Rhizophora apiculeta* pada konsentrasi 100 mg/L menghasilkan efisiensi removal sebesar 89,83%. Pada konsentrasi 200 mg/L sebesar 84,92% dan konsentrasi 300 mg/L sebesar 74,94%. Tanaman mangrove *Rhizophora apiculeta* mempunyai efisiensi removal yang lebih baik dibandingkan *Avicennia marina*.

**Kata kunci : Mangrove, logam Zn, *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculeta*, spektrofotometer.**

**THE ROLE OF MANGROVE *Avicennia marina* AND  
*Rhizophora apiculeta* TO REMOVE Zn HEAVY METAL.**

Name : Isbir Farhan  
NRP : 3313100121  
Department : Environmental Engineering  
Supervisor : Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.

**ABSTRACT**

Mangrove forests in Indonesia, especially Java, keeps experiencing degradation, all because of purpose conversion like pond fishery, mangrove logging, and the general lack of awareness in the people about the forests' ecological function, as well as the uncertainty about the area status. The balance of ecological environment in beach area will be maintained if the mangrove is being protected, because it functions as biofilter, restricting agent, and also pollution trapper. It catches pollutant source and has high tolerance of heavy metal. The purpose of this study is to calculate the efficiency of Zn metal removal by using *Avicennia marina* and *Rhizophora apiculeta*, and to determine the best type of mangrove.

In this research method used two types of variables. The first variable is *Avicennia marina* and *Rhizophora apiculeta*. The second variable is the concentration of ZnSO<sub>4</sub> solution of pollutant after preliminary test of Range Finding Test that is 100 mg/L, 200 mg/L and 300 mg/L with triplo. In this study, laboratory based experiment is used with batch system.

Based on the study result, removal efficiency of the mangrove *Avicennia marina* in concentration of 100 mg/L is, 79,83%. In concentration 200mg/L it is 70,75%, and 300 mg/L is 67,17%. While for *Rhizophora apiculeta*, in concentration of 100 mg/L is 89,83%, in concentration 200 mg/L is 84,92%, and concentration of 300 mg/L is 74,94%. *Rhizophora apiculeta* mangrove plant has better removal efficiency than *Avicennia*

*marina*.

**Keywords:** Mangrove, Zn metal, *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, spectrophotometry.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT saya ucapkan karena berkat rahmat dan karunia-Nya lah saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Peranan Mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculeta* Dalam Menurunkan Logam Berat Zn”.

Saya menyampaikan terima kasih atas bimbingan dan pengarahan yang telah diberikan sehingga dapat diselesaikannya laporan tugas akhir ini kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Mohammad Razif,MM. Selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas kesediaan waktu, kesabaran, bimbingan maupun ilmu yang diberikan
2. Bapak Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., PhD., Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc., Ibu Ir. Atiek Moesriati, M.Kes selaku dosen pengarah maupun dosen penguji tugas akhir, terima kasih atas saran serta bimbingannya
3. Keluarga saya yang selalu memberikan dukungan moril serta doa untuk kelancaran tugas akhir saya
4. Teman-teman angkatan 2013 yang selalu memberikan semangat dan bantuannya terhadap saya

Saya menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya menerima saran maupun kritik agar penulisan laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB 2.....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Limbah Elektroplating.....	5
2.2 Baku Mutu Limbah Elektroplating.....	6
2.3 <i>Avicennia Marina</i> (api-api).....	7
2.4 <i>Rhizopora sp.</i> .....	12
2.5 Logam Seng (Zn).....	17
2.6 Taraf Signifikansi.....	20
2.7 Penelitian Terdahulu.....	21
BAB 3.....	25
METODOLOGI PENELITIAN .....	25
3.1 Umum .....	25
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	25
3.3 Kerangka Penelitian .....	25
3.4 Tahapan Penelitian.....	30
BAB 4.....	41
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Tahap Aklimatisasi .....	41
4.2 <i>Range Finding Test</i> (RFT).....	42
4.3 <i>Uji Analysis Quality Control</i> .....	46
4.4 Analisa Logam Zn.....	51
4.5 Analisa Suhu .....	59

4.6 Analisa pH .....	60
4.7 Aplikasi Tanaman Mangrove .....	63
4.8 Uji Signifikansi .....	65
BAB 5 .....	67
KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan .....	67
5.2 Saran .....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN A SKEMA KERJA.....	76
LAMPIRAN B CARA PEMBUATAN LARUTAN .....	86
LAMPIRAN C DATA HASIL PENGAMATAN .....	91
LAMPIRAN D DOKUMENTASI PENELITIAN .....	108
BIOGRAFI PENULIS .....	112

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hutan mangrove yang di dominasi oleh jenis <i>A. marina</i> .....	8
Gambar 2.2 Akar napas <i>A. marina</i> yang tumbuh pada tanah lumpur.....	9
Gambar 2.3 Bentuk bunga <i>A. marina</i> .....	9
Gambar 2.4 Bentuk daun dan buah <i>A. Marina</i> .....	10
Gambar 2.5 Zonasi Mangrove.....	12
Gambar 2.6 daun (A) bunga (B) dan buah (C) <i>Rhizophora</i> <i>mucronata</i> .....	14
Gambar 2.7 Daun (A) bunga (B) dan buah (C) <i>Rhizophora</i> <i>apiculata</i> .....	15
Gambar 2.8 Daun dan bunga (A) serta buah (B) <i>Rhizophora</i> <i>stylosa</i> .....	15
Gambar 3.1 Kerangka penelitian.....	29
Gambar 3.2 Contoh bak reaktor .....	35
Gambar 4.1 Tahap aklimatisasi tanaman.....	41
Gambar 4.2 Tahap <i>Range Finding Test Rhizopora apiculeta</i> .....	43
Gambar 4.3 Tahap <i>Range Finding Test Avicennia marina</i> .....	44
Gambar 4.4 Anatomi akar kedua tumbuhan .....	45
Gambar 4.5 Hasil uji <i>analysis quality control</i> .....	47
Gambar 4.6 Removal limbah artifisial logam Zn terhadap <i>Avicennia marina</i> dan <i>Rhizopora apiculeta</i> pada hari ke – 5 .....	52
Gambar 4.7 Removal limbah artifisial logam Zn terhadap <i>Avicennia marina</i> dan <i>Rhizopora apiculeta</i> pada hari ke - 10.....	53
Gambar 4.8 Removal limbah artifisial logam Zn terhadap <i>Avicennia marina</i> dan <i>Rhizopora apiculeta</i> pada hari ke - 15.....	53
Gambar 4.9 Removal limbah artifisial logam Zn terhadap <i>Avicennia marina</i> dan <i>Rhizopora apiculeta</i> pada hari ke - 20.....	54
Gambar 4.10 Efisiensi removal tanaman <i>Rhizopora apiculeta</i> ...	55
Gambar 4.11 Efisiensi removal tanaman <i>Avicennia marina</i> .....	55
Gambar 4.12 Rata – rata efisiensi removal.....	56

Gambar 4.13 pH tanaman mangrove hari ke – 5 .....	60
Gambar 4.14 pH tanaman mangrove hari ke – 10 .....	61
Gambar 4.15 pH tanaman mangrove hari ke - 15.....	61
Gambar 4.16 pH tanaman mangrove hari ke - 20.....	62
Gambar 4.17 Hubungan debit dan konsentrasi terhadap luas lahan pada tanaman <i>Rhizophora apiculata</i> .....	63
Gambar 4.18 Hubungan debit dan konsentrasi terhadap luas lahan pada tanaman <i>Avicennia marina</i> .....	64
Gambar L.C.1 Kurva Kalibrasi 0 - 100 ppm.....	94
Gambar L.C.2 Kurva Kalibrasi 120 – 200 ppm.....	95
Gambar L.C.3 Kurva Kalibrasi 220 – 300 ppm.....	96
Gambar L.D.1 Analisa Suhu Menggunakan Thermometer .....	109
Gambar L.D.2 Analisa pH Menggunakan pH meter .....	109
Gambar L.D.3 Botol Tempat Penyimpanan Serbuk $ZnSO_4$ .....	110
Gambar L.D.4 Botol Tempat Penyimpanan Larutan phenanthroline .....	110
Gambar L.D.5 Botol Penyimpanan Larutan Asetat buffer .....	111
Gambar L.D.6 Uji Logam Zn Menggunakan Spektrofotometri ..	111

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Konsentrasi Ion – Ion Logam Berat dalam Air Limbah Industri Elektroplating.....	5
Tabel 2. 2	Baku Mutu Air Limbah Industri Pelapisan Logam ...	6
Tabel 2. 3	Beberapa Sifat Unsur Golongan Transisi.....	18
Tabel 3. 1	Variasi Variabel Penelitian .....	32
Tabel 3. 2	Jumlah dan Kondisi Reaktor Uji .....	33
Tabel 4. 1	Hasil Uji Signifikansi .....	66
Tabel L.C. 1	Data pengamatan panjang gelombang maksimum 50 ppm .....	91
Tabel L.C. 2	Data pengamatan panjang gelombang maksimum 150 ppm .....	92
Tabel L.C. 3	Data pengamatan panjang gelombang maksimum 250 ppm .....	93
Tabel L.C. 4	Data pengamatan kurva kalibrasi .....	94
Tabel L.C. 5	Hasil Pengamatan Kurva Kalibrasi 0 – 100 ppm ...	95
Tabel L.C. 6	Data pengamatan kurva kalibrasi 120 – 200 ppm ..	95
Tabel L.C. 7	Hasil Kurva Kalibrasi 120 – 200 ppm .....	96
Tabel L.C. 8	Data pengamatan kurva kalibrasi 220 – 300 ppm ..	96
Tabel L.C. 9	Hasil Kurva Kalibrasi 220 300 ppm .....	97
Tabel L.C.10	Analisis Quality Control.....	97
Tabel L.C.11	Data analisa pH tanaman mangrove hari ke-5 .....	98
Tabel L.C.12	Data analisa pH tanaman mangrove hari ke-10 ...	99
Tabel L.C.13	Data analisa pH tanaman mangrove hari ke-15 ...	99
Tabel L.C.14	Data analisa pH tanaman mangrove hari ke-20 ..	100
Tabel L.C.15	Data pengamatan analisa logam Zn hari ke - 5... ..	100
Tabel L.C.16	Data pengamatan analisa logam Zn hari ke-10.. ..	101
Tabel L.C.17	Data pengamatan analisa logam Zn hari ke-15.. ..	102
Tabel L.C.18	Data pengamatan analisa logam Zn hari ke-20.. ..	103
Tabel L.C.19	Hasil perhitungan luas lahan mangrove <i>Rhizopora apiculeta</i> .....	104
Tabel L.C.20	Lanjutan hasil perhitungan luas lahan mangrove <i>Rhizopora apiculeta</i> .....	104
Tabel L.C.21	Hasil perhitungan luas lahan mangrove <i>Avicennia marina</i> .....	105

Tabel L.C.22 Lanjutan hasil perhitungan luas lahan mangrove <i>Avicennia marina</i> .....	105
Tabel L.C.23 Data pengamatan uji signifikansi .....	106
Tabel L.C.24 Hasil Uji Signifikansi.....	107

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN A SKEMA KERJA.....	76
LAMPIRAN B CARA PEMBUATAN LARUTAN .....	86
LAMPIRAN C DATA HASIL PENGAMATAN .....	91
LAMPIRAN D DOKUMENTASI PENELITIAN .....	108

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Hutan mangrove di Indonesia terutama Pulau Jawa terus mengalami degradasi akibat konversi peruntukan yaitu tambak, penebangan kayu mangrove untuk berbagai keperluan, disamping rendahnya kesadaran masyarakat tentang fungsi ekologis hutan mangrove dan ketidakpastian status kawasan (Said dan Smith, 1997). Kondisi tersebut sebagai akibat dari adanya pertambahan penduduk yang sangat pesat, yang membutuhkan lahan untuk pemukiman dan kebutuhan hidup sehari-hari. Dengan demikian hutan mangrove sebagai ekosistem pesisir yang pada akhirnya berdekatan dengan pusat-pusat pemukiman penduduk akan menjadi sangat rawan ancaman dan tekanan, sehingga kelestariannya sangat rentan terhadap perubahan lingkungan (Tomlinson, 1986). Berbagai hasil sisa kegiatan manusia di daratan, seperti limbah domestik, pertanian dan perindustrian berujung di daerah muara sungai dan pantai. Kelompok masyarakat dan industri memiliki anggapan bahwa sungai dan laut merupakan keranjang sampah yang dapat digunakan untuk membuang sampah dengan cara yang sangat mudah dan murah. Pengelolaan lingkungan masih dipandang sebagai beban bagi pengusaha dan pengambil keputusan tidak begitu mudah terdorong untuk mengadopsi aspek lingkungan dalam kebijakannya.

Fungsi dan manfaat mangrove telah banyak diketahui baik sebagai tempat pemijahan ikan di perairan, pelindung daratan dan abrasi oleh ombak, pelindung dari tiupan angin, penyaring intrusi air laut ke daratan, habitat satwa liar, tempat singgah migrasi burung dan menyerap kandungan logam berat yang berbahaya bagi kehidupan, mengendapkan lumpur dan menyaring bahan pencemar. Keseimbangan ekologi lingkungan perairan pantai akan tetap terjaga apabila keberadaan mangrove dipertahankan karena mangrove dapat berfungsi sebagai biofilter, agen pengikat dan perangkap polusi, masukkan sumber pencemar yang sangat banyak dan memiliki toleransi yang tinggi

terhadap logam berat (Mac Farlane dan Burchett, 2001; Gunarto, 2004). Penyerapan logam berat oleh akar pohon dipengaruhi sistem perakaran dan luasan permukaan akarnya, sebagai contoh: *Rhizopora Micronata* dapat menyerap Cadmium (Cd) sebesar 17,933 ppm, *Rhizopora apiculata* memiliki kemampuan menyerap Cd sebesar 17,433 ppm sedangkan *Avicenna marina* hanya mampu menyerap Cd sebesar 0,5 ppm (Arisandi, 2008).

Bahan pencemar dari limbah industri dapat mencemarkan air sungai dan berdampak negatif yaitu terjadinya perubahan ekosistem muara berupa perubahan temperatur, pH, BOD dan COD serta kandungan logam berat yang sangat mempengaruhi kehidupan flora dan fauna perairan. Salah satu industri yang limbahnya mengandung logam berat adalah industri elektroplating. Elektroplating atau lapis listrik (penyepuhan) merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik melalui suatu larutan elektrolit (Istiyono, 2008). Kandungan logam berat yang terdapat pada limbah industri elektroplating adalah ion kromium valensi VI ( $\text{Cr}^{6+}$ ), kromium total ( $\text{Cr}_{\text{tot}}$ ), Sianida ( $\text{CN}^-$ ), Tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ), Seng ( $\text{Zn}^{2+}$ ), Nikel ( $\text{Ni}^{2+}$ ), Timbal ( $\text{Pb}^{2+}$ ), dan Kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) (Sumada, 2006). Konsentrasi dari beberapa logam seperti Cr, Ni, Zn lebih tinggi daripada kadar yang dipernolehkan untuk dibuang. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 mengenai baku mutu air limbah industri pelapisan logam, kadar maksimum logam Cr total yaitu 0,5 mg/L,  $\text{Cr}^{6+}$  0,1 mg/L, Cu 0,6 mg/L, Zn 1 mg/L, Ni 1 mg/L, Cd 0,05 mg/L dan Pb 0,1 mg/L. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan yang sesuai untuk menyisahkan logam berat ini dari air limbah sebelum dilepaskan ke dalam lingkungan (Meena et al., 2005). Jenis mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizopora apiculata* digunakan karena sudah terdapat beberapa penelitian terdahulu bahwasanya dua jenis mangrove ini dapat meremoval logam berat dan juga merupakan jenis yang mayor pada ekosistem hutan mangrove. Logam Zn diukur karena merupakan logam yang berbahaya. Keberadaan logam Zn pada air yang hanya 1 mg/L dapat menyebabkan penyakit hemochromatosis dan gastrointestinal dalam hati dan ginjal (Li et al., 2010). Logam Zn menjadi perhatian karena toksisitas dan non biodegradabilitas dengan

dampak negatif pada ikan ketika dilepaskan ke sungai (Gerhardt *et al.*, 2004). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui peranan mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* terhadap paparan logam Zn.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi dasar penelitian ini adalah:

1. Berapa besar efisiensi mangrove *Avicennia marina* dalam *removal* logam Zn pada air limbah artifisial
2. Berapa besar efisiensi mangrove *Rhizophora apiculata* dalam *removal* logam Zn pada air limbah artifisial
3. Perbandingan efisiensi mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* dalam *removal* logam Zn

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghitung seberapa besar efisiensi mangrove *Avicennia marina* dalam *removal* larutan artifisial logam Zn.
2. Menghitung seberapa besar efisiensi mangrove *Rhizophora apiculata* dalam *removal* larutan artifisial logam Zn.
3. Memilih jenis mangrove yang paling baik dalam *removal* larutan artifisial logam Zn.

## 1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan dengan skala rumah kaca di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan FTSP ITS.
2. Sampel air limbah logam Zn yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sampel limbah artifisial
3. Penelitian pendahuluan berupa Uji *Range Finding Test* yaitu 100 mg/L ; 200 mg/L ; 300 mg/L ; 400 mg/L ; 500 mg/L
4. Parameter yang diukur dalam penelitian ini yaitu kadar logam seng (Zn) pada air limbah artifisial dengan menggunakan *Spectrofotometer UV-VIS*.
5. Variabel yang diukur yaitu :
  - A. Variasi jenis mangrove : *Avicenna Marina* dan *Rhizophora Apiculata*
  - B. Variasi konsentrasi sampel artifisial larutan Zn (setelah Uji *Range Finding Test*)
6. Usia tanaman kedua mangrove tersebut yaitu tiga bulan
7. Sistem yang digunakan pada penelitian ini yaitu sistem batch.

## 1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi ilmiah tentang kemampuan *Avicenna Marina* dalam mereduksi paparan logam Zn
2. Memberikan informasi ilmiah tentang kemampuan *Rhizophora Apiculata* dalam mereduksi paparan logam Zn
3. Memberikan informasi ilmiah tentang kemampuan yang paling efektif diantara kedua mangrove tersebut.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Limbah Elektroplating

Elektroplating atau lapis listrik atau penyepuhan merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik melalui suatu larutan elektrolit. Industri elektroplating merupakan salah satu industri yang paling berbahaya diantara industri kimia lainnya (Marwati, 2009). Kuantitas limbah yang dihasilkan dalam proses elektroplating tidak terlampau besar, akan tetapi tingkat toksisitasnya sangat berbahaya, terutama krom, nikel dan seng (Roekmijati, 2002). Karakteristik dan tingkat toksisitasnya dari air limbah elektroplating bervariasi tergantung dari kondisi operasi dan proses pelapisan serta cara pembilasan yang dilakukan (Palar, 1994). Berdasarkan hasil uji laboratorium diketahui bahwa air limbah industri elektroplating mengandung berbagai jenis ion – ion logam berat yang berbahaya bagi lingkungan khususnya lingkungan perairan sungai. Berbagai jenis ion logam berat yang terkandung dalam air limbah industri elektroplating seperti ion kromium valensi VI ( $\text{Cr}^{6+}$ ), kromium total ( $\text{Cr}_{\text{tot}}$ ), Sianida ( $\text{CN}^-$ ), Tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ), Seng ( $\text{Zn}^{2+}$ ), Nikel ( $\text{Ni}^{2+}$ ), Timbal ( $\text{Pb}^{2+}$ ) dan Kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) (Sumada, 2006).

Berdasarkan dari bahan – baha yang digunakan untuk proses elektroplating terkandung konsentrasi ion – ion logam berat yang terkandung seperti dalam Tabel 2.1 berikut ini.

**Tabel 2. 1 Konsentrasi Ion – Ion Logam Berat dalam Air Limbah Industri Elektroplating**

Parameter	Konsentrasi ion logam berat dalam air limbah industri elektroplating (mg/L)
Kromium valensi VI ( $\text{Cr}^{6+}$ )	65,60
Sianida ( $\text{CN}^-$ )	0,53
Nikel ( $\text{Ni}^{2+}$ )	52,60
Seng ( $\text{Zn}^{2+}$ )	1,75

Lanjutan Tabel 2.1

Parameter	Konsentrasi ion logam berat dalam air limbah industri elektroplating (mg/L)
Timbal ( $Pb^{2+}$ )	3,56
Kadmium ( $Cd^{2+}$ )	0,95
Tembaga ( $Cu^{2+}$ )	5,70
Kromium Total ( $Cr_{tot}$ )	79,10
pH	6

Sumber : Sumada,2006

## 2.2 Baku Mutu Limbah Elektroplating

Berdasarkan data karakteristik limbah elektroplating, kualitas air limbah industri elektroplating masih diatas baku mutu air limbah untuk industri elektroplating yang ditetapkan. Oleh karena itu air limbah industri elektroplating sebelum dialirkan keperairan sungguh perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Berikut Tabel 2.2 mengenai baku mutu air limbah elektorplating.

**Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah Industri Pelapisan Logam**

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
TSS	20
Krom Total ( $Cr_{tot}$ )	0,5
Kromium valensi VI ( $Cr^{6+}$ )	0,1
Sianida Total ( $CN^-$ ) tersisa	0,2
Nikel ( $Ni^{2+}$ )	1
Seng ( $Zn^{2+}$ )	1
Timbal ( $Pb^{2+}$ )	0,1

Lanjutan Tabel 2.2

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
Kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ )	0,05
Tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ )	0,6
pH	6 – 9

Sumber : Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013

### 2.3 *Avicennia marina* (api-api)

*Avicennia marina* adalah salah satu jenis mangrove yang masuk ke dalam kategori mangrove mayor. Status tersebut menyebabkan *Avicennia marina* hampir selalu ditemukan pada setiap ekosistem mangrove. Masyarakat mengenal *Avicennia marina* sebagai api-api putih. Kerabat lain *Avicennia marina* yang biasa dijumpai hidup bersama adalah *Avicennia alba* atau api-api hitam, *Avicennia officinalis* atau api-api daun lebar serta *Avicennia rumhiana* yang mulai jarang ditemukan. Sejauh ini diketahui sekitar delapan spesies yang menyebar di dua kawasan perairan utama di wilayah tropis, yakni di Dunia Lama (Afro-Asia dan Australasia) dan Dunia Baru (Pasifik Timur dan Karibia). Akan tetapi khusus di Indonesia hanya umum dijumpai empat jenis. Kebanyakan jenisnya merupakan jenis pionir dan *oportunistik*, serta mudah tumbuh kembali. Pohon-pohon api-api yang tumbang atau rusak dapat segera tumbuh kembali, sehingga mempercepat pemulihan tegakan yang rusak. Akar napas api-api yang padat, rapat dan banyak sangat efektif untuk menangkap dan menahan lumpur serta berbagai sampah yang terhanyut di perairan. Jalinan perakaran ini juga menjadi tempat mencari makanan bagi aneka jenis kepiting bakau, siput dan teritip.

*Avicennia marina* juga di kenal dengan nama api-api. Api-api juga memiliki nama daerah seperti kayu kendea, kayu ting (Manado), kibalanak (Sunda), api-api brayu, api-api kacang,

bogem (Jatim), pe- ape (Madura). Di Indonesia, api-api memiliki sejumlah nama, di antaranya mangi-mangi, sia-sia, boak, koak, merana pejapi, papi, atau nyapi (Anonim, 2011). Pohon api-api memiliki beberapa ciri, antara lain memiliki akar napas yakni akar percabangan yang tumbuh dengan jarak teratur secara vertikal dari akar horizontal yang terbenam di dalam tanah. Kulit kayunya yang halus dengan burik – burik hijau-abu dan terkelupas dalam bagian-bagian kecil. Pada bagian batang yang tua kadang-kadang ditemukan serbuk tipis (Noor et al.,2006). Reproduksi bersifat *kryptovivipary*, yaitu biji tumbuh keluar dari kulit biji saat masih menggantung pada tanaman induk, tetapi tidak tumbuh keluar menembus buah sebelum biji jatuh ke tanah. Buah berbentuk bulir seperti mangga, ujung buah tumpul dan panjang 1 cm, daun berbentuk elips dengan ujung tumpul dan panjang daun sekitar 7 cm, lebar daun 3-4 cm, permukaan atas daun berwarna hijau mengkilat dan permukaan bawah berwarna hijau abu-abu dan suram. Bentuknya semak atau pohon dengan tinggi 12 m dan kadang-kadang mencapai 20 m, memiliki akar napas yang berbentuk seperti pensil, bunga bertipe majemuk dengan 8-14 bunga setiap tangkai. Bentuk buah seperti kacang, tumbuh pada tanah berlumpur, daerah tepi sungai, daerah kering serta toleran terhadap salinitas yang sangat tinggi. Dalam Gambar 2.1 terlihat rumpun, perakaran daun dan buah dari tanaman *A. marina*.



**Gambar 2. 1 Hutan mangrove jenis *Avicennia marina***

Sumber : Halidah, 2007





**Gambar 2. 2 Akar napas *Avicennia marina* yang tumbuh pada tanah lumpur**

Sumber : Halidah, 2007



**Gambar 2. 3 Bentuk bunga *A. marina***

Sumber : Halidah, 2007



**Gambar 2. 4 Bentuk daun dan buah *A. Marina***

Sumber : Halidah, 2007

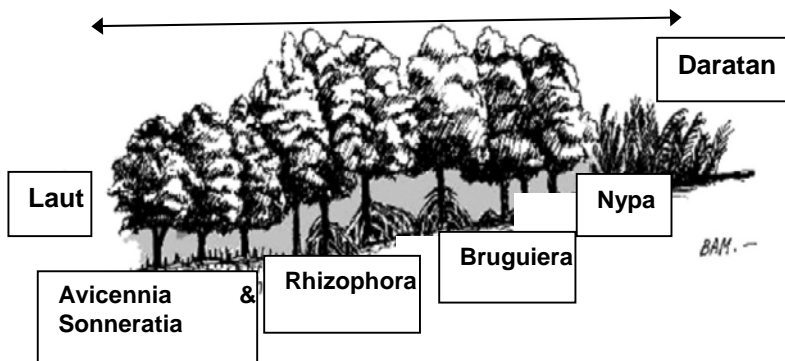
*Avicennia marina* tumbuh tersebar di sepanjang pantai Afrika Timur dan Madagaskar hingga ke India, Indo-Cina, Cina Selatan, Taiwan, Thailand, seluruh kawasan Malesia, Kepulauan Solomon, New Caledonia, Australia dan bagian utara New Zealand. Sebagai bagian dari komunitas hutan mangrove, pohon api-api biasanya tumbuh di tepi atau dekat laut. Pohon ditemukan pula tumbuh di rawa-rawa air tawar, tepi pantai berlumpur daerah mangrove, hingga di substrat yang berkadar garam sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena Jenis tanaman *Avicennia marina* toleran terhadap salinitas sangat tinggi. Memiliki kemampuan menempati dan tumbuh pada berbagai habitat pasang-surut. Dari beberapa hasil penelitian diketahui bahwa *Avicennia marina* dapat tumbuh pada substrat yang berpasir kasar, halus maupun lumpur yang dalam (Halidah, 2013 dan Kusmana *et al.*, 2003). Jenis *Avicennia marina* tumbuh pada ketinggian tempat 0-50 m dari permukaan laut, memiliki tekstur ringan dan tumbuh pada tapak yang berlumpur dalam, tepi sungai, daerah kering. Tipe iklim A,B dan C dengan temperatur berkisar 29-31°C.

Manfaat dari tanaman ini salah satunya yaitu sebagai tanaman penyerap racun. Dari hasil penelitian Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya diketahui bahwa pohon Api-api (*Avicennia marina*) memiliki pengaruh dalam penanggulangan materi toksik lain di antaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam tersebut. Pengenceran dengan penyimpanan air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (sukulensi). Ekskresi juga merupakan upaya yang mungkin terjadi, yaitu dengan menyimpan materi toksik logam berat di dalam jaringan yang sudah tua seperti daun yang sudah tua dan kulit batang yang mudah mengelupas, sehingga dapat mengurangi konsentrasi logam berat di dalam tubuhnya. Metabolisme atau transformasi secara biologis (biotransformasi) logam berat dapat mengurangi toksisitas logam berat. Logam berat yang masuk ke dalam tubuh akan mengalami pengikatan dan penurunan daya racun, karena diolah menjadi bentuk-bentuk persenyawaan yang lebih sederhana. Proses ini dibantu dengan aktivitas enzim yang mengatur dan mempercepat jalannya proses tersebut.

Secara umum, mangrove tumbuh di pesisir pantai tetapi dapat hidup di daratan pula. Kadar garam tinggi seperti yang terdapat di dalam pesisir merupakan salah satu faktor tumbuhnya mangrove. Kadar garam tinggi adalah cekaman bagi mangrove, maka semakin kecil kadar garam semakin kecil pula cekaman dan mangrove dapat berkembang dengan cepat. Selain penjelasan teoritis, Satriyono (2009) telah melakukan penelitian bahwasanya mangrove dapat ditanam pada pot yang selalu tergenang air tawar di Kampus Biologi ITS. Tingkat pertumbuhan bibit mangrove yang ditanam sebanyak 500 batang mencapai 95%.

## 2.4 *Rhizophora* sp.

*Rhizophora* sp. merupakan salah satu jenis tanaman mangrove, yaitu kelompok tanaman tropis yang bersifat *halophytic* atau toleran terhadap garam (Irwanto, 2006). Mangrove memiliki kemampuan khusus untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ekstrim, seperti kondisi tanah yang tergenang, kadar garam yang tinggi serta kondisi tanah yang kurang stabil. Kondisi tanah yang kurang stabil diakibatkan oleh wilayah pesisir yang terjal dan ombak yang besar serta arus pasang surut kuat sehingga tidak memungkinkan terjadinya pengendapan lumpur yang diperlukan sebagai bagi pertumbuhan mangrove (Dahuri, 2003). Kondisi lingkungan seperti itu menyebabkan beberapa jenis mangrove mengembangkan mekanisme yang memungkinkan secara aktif mengeluarkan garam dari jaringan, sementara yang lainnya mengembangkan sistem akar napas untuk membantu memperoleh oksigen bagi sistem perakarannya (Setyawan dkk, 2002).



**Gambar 2. 5 Zonasi Mangrove**

Sumber : Tomlinson, 1986

Tomlinson (1986) membagi flora mangrove menjadi tiga kelompok sesuai dengan kemampuan adaptasinya terhadap lingkungan mangrove, yakni:

1. Flora mangrove mayor, yakni flora yang menunjukkan kesetiaan terhadap habitat mangrove, berkemampuan membentuk tegakan murni dan secara dominan mencirikan struktur komunitas, secara morfologi mempunyai bentuk-bentuk adaptif khusus (bentuk akar dan viviparitas) terhadap lingkungan mangrove, dan mempunyai mekanisme fisiologis dan mengontrol garam. Contohnya adalah: *Avicennia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Kandelia*, *Sonneratia*, *Lumnitzera*, *Laguncularia*, dan *Nypa*.
2. Flora mangrove minor, yaitu flora mangrove yang tidak mampu membentuk tegakan murni, sehingga secara morfologis tidak berperan dominan dalam struktur komunitas, contohnya: *Excoecaria*, *Xylocarpus*, *Heritiera*, *Aegialitis*, *Achrostichum*, *Camptostemon*, *Schyphipora*, *Phempis*, *Osbornia*, dan *Peliciera*.
3. Asosiasi mangrove, jenis-jenis ini bukan merupakan anggota komunitas mangrove sejati dan tumbuh pada lingkungan vegetasi darat contohnya adalah *Cerbera*, *Acanthus*, *Derris*, *Hibiscus*, *Calamus*, dll.

Menurut Bengen (2001), penyebaran dan zonasi hutan mangrove tergantung oleh berbagai faktor lingkungan. Berikut salah satu tipe zonasi hutan mangrove di Indonesia : daerah yang paling dekat dengan laut, dengan substrat agak berpasir, sering ditumbuhi oleh *Avicennia* sp. Pada zona ini biasa berasosiasi *Sonneratia* sp, yang dominan tumbuh pada lumpur dalam yang kaya bahan organik. Lebih ke arah darat, hutan mangrove umumnya didominasi oleh *Rhizophora* sp. Di zona ini juga dijumpai *Bruguiera* sp dan *Xylocarpus* sp. Zona berikutnya didominasi oleh *Bruguiera* sp. Zona transisi antara hutan mangrove dengan hutan dataran rendah biasa ditumbuhi oleh *Nypa fruticans*, dan beberapa spesies palem lainnya. *Rhizophora* sp. termasuk dalam famili *Rhizophoraceae*. Ada tiga jenis yang tergolong dalam *Rhizophora* sp., yaitu *R. mucronata*, *R. apiculata*

dan *R. stylosa*. Jenis-jenis ini dikenal dengan nama bakau, dan merupakan jenis yang umum dan selalu tumbuh di hutan mangrove (Sukardjo, 1984). Noor (2006) mengemukakan taksonomi jenis *Rhizophora* sp. adalah sebagai berikut:

Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Sub kelas	: Dialypetalae
Ordo	: Myrtales
Famili	: Rhizophoraceae
Genus	: <i>Rhizophora</i>
Spesies	: <i>Rhizophora</i> sp.



**Gambar 2. 6 daun (A) bunga (B) dan buah (C) *Rhizophora mucronata***

Sumber : Noor, 2006



(A)

(B)

(C)

**Gambar 2. 7 Daun (A) bunga (B) dan buah (C) *Rhizophora apiculata***

**Sumber : Noor, 2006**



(A)

(B)

**Gambar 2. 8 Daun dan bunga (A) serta buah (B) *Rhizophora stylosa***

**Sumber : Noor, 2006**

*Rhizophora apiculata* sp. Merupakan tanaman mangrove dengan perawakan pohon yang memiliki daun dengan bentuk memanjang lonjong. Batang *Rhizophora apiculata* sp. Memiliki batang pokok yang berkayu (*woody, ligneous, lignified*), tipe kayu keras. Kulit kayu berwarna abu – abu tua. Jaringan batang *Rhizophora apiculata* sp. terdiri atas selapis epidermis, hipodermis, korteks, endodermis, floem, xylem, dan empulur. Pada epidermis terdapat stomata. Susunan jaringan akar *Rhizophora apiculata* sp. dari luar ke dalam, yaitu epidermis akar, Hypodermis, jaringan palisade dengan kloroplast dan berkas pengangkut (Xylem dan Floem). Jaringan epidermis merupakan jaringan terluar akar berupa selapis sel menyelimuti permukaan akar. Jaringan Hypodermis juga berupa selapis sel berukuran lebih besar dibanding epidermis. Jaringan palisade dengan kloroplast, akar dapat membantu proses fotosintesis. Hal tersebut dapat terjadi karena posisi dari akar yang bercabang dari batang utama (akar nafas). Sisi dalam perisikel terdapat berkas pengangkut jaringan xylem dan jaringan floem (sel – sel kecil dan padat).

Hampir semua bagian tanaman *Rhizophora* sp. mengandung senyawa *alkaloid, saponin, flavonoid* dan *tannin* (Rohaeti dkk, 2010). Alkaloid bersifat toksik terhadap mikroba, sehingga efektif membunuh bakteri dan virus (Sari, 2008). Senyawa saponin dapat bekerja sebagai antimikroba karena akan merusak membran sitoplasma dan membunuh sel (Rahayu, 2007). Senyawa flavonoid mekanisme kerjanya mendenaturasi protein sel bakteri dan merusak membran sel tanpa dapat diperbaiki lagi (Rinawati, 2011). Tanin merupakan senyawa fenolik kompleks yang dapat menghambat aktivitas bakteri sehingga tanaman yang mengandung tanin sering digunakan dalam bidang farmasi karena tanin mengandung asam tanik yang telah digunakan sebagai antiseptik (Trianto dkk, 2004).

Tanaman *Rhizophora* sp. sering kali mendapatkan suplai bahan polutan seperti logam berat yang berasal dari limbah industri, rumah tangga, dan pertanian. Tanaman mangrove ini termasuk jenis tanaman air yang mempunyai kemampuan sangat tinggi untuk mengakumulasi logam berat yang berada pada wilayah perairan. Proses absorpsi pada tanaman terjadi seperti pada hewan dengan berbagai proses difusi, dan istilah yang



digunakan adalah translokasi. Transpor ini terjadi dari sel ke sel menuju jaringan vaskuler agar dapat didistribusikan ke seluruh bagian tubuh. Menurut Soemirat (2003), menyatakan bahwa proses absorpsi dapat terjadi lewat beberapa bagian tanaman, yaitu :

1. Akar, terutama untuk zat anorganik dan zat hidrofilik.
2. Daun bagi zat yang lipofilik.
3. Stomata untuk masukan gas.

Tanaman mangrove jenis ini mampu mengalirkan oksigen melalui akar ke dalam sedimen tanah untuk mengatasi kondisi anaerob pada sedimen tersebut. Jika logam berat memasuki jaringan, terdapat mekanisme yang sangat jelas, pengambilan logam berat oleh tanaman di lahan basah adalah melalui penyerapan dari akar, setelah itu tanaman dapat melepaskan senyawa kelat, seperti protein dan glukosida yang berfungsi mengikat logam dan dikumpulkan ke jaringan tubuh kemudian ditransportasikan ke batang, daun dan bagian lainnya, sedangkan ekskresinya terjadi melalui transpirasi (Panjaitan, 2009). Tanaman *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* dibandingkan karena keduanya merupakan tanaman mangrove mayor, mencirikan struktur komunitas tanaman mangrove dan dapat mengontrol garam dalam jumlah besar sehingga dengan ciri yang sama dapat dibandingkan mengenai removal logam berat yang paling baik (Tomlinson, 1986).

## **2.5 Logam Seng (Zn)**

Seng merupakan logam transisi golongan 12. Logam golongan ini dan logam - logam golongan 2 (alkali tanah) mempunyai konfigurasi elektronik terluar yang sama yaitu elektron valensi  $ns^2$ . Oleh karena itu dalam beberapa hal, logam-logam golongan 12 mempunyai kemiripan sifat kimiawi dengan logam – logam golongan 1, dan dengan demikian sering dipertimbangkan sebagai golongan unsur – unsur utama atau representatif (Sugiyarto dkk, 2010). Karakteristik logam – logam golongan transisi dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2. 3 Beberapa Sifat Unsur Golongan Transisi**

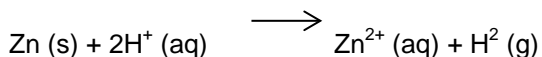
Karakteristik	$_{24}\text{Cr}$	$_{30}\text{Zn}$	$_{48}\text{Cd}$
Densitas / $\text{g cm}^{-3}$	7,1	7,14	8,65
Titik leleh / $^{\circ}\text{C}$	1900	419,5	320,8
Titik didih / $^{\circ}\text{C}$	2690	907	765
Jari – jari atomik / pm (Bilangan Koordinasi = 12)	128	134	151
Jari-jari ionik / pm	$M^{6+} = 44$ $M^{5+} = 49$ $M^{4+} = 55$ $M^{3+} = 61,5$ $M^{2+} = 73,8$	$M^{2+} = 74$	$M^{2+} = 95$
Konfigurasi elektronik	$[_{18}\text{Ar}] 3d^5 4s^1$	$[_{18}\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2$	$[_{36}\text{Kr}] 4d^{10} 5s^2$
Karakteristik	$_{24}\text{Cr}$	$_{30}\text{Zn}$	$_{48}\text{Cd}$
Elektronegativitas	1,6	1,6	1,7

*Sumber : Sugiyarto dkk, 2010*

Logam seng adalah logam transisi dengan nomor atom 30, pada tabel periodik berada pada periode empat. Logam seng sering digunakan sebagai pelapis logam lain agar tidak berkarat. Seng adalah salah satu nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh makhluk hidup. Seng yang masuk ke dalam lingkungan berasal dari aktivitas manusia seperti pertambangan, produksi baja dan

pembakaran batu bara. Keberadaan  $Zn^{2+}$  di dalam air minum sebesar 1 mg/L dapat menyebabkan penyakit *hemochromatosis* dan *gastrointestinal* karena akumulasi  $Zn^{2+}$  dalam hati dan ginjal (Li *et al.*, 2010). Jumlah logam seng yang terlalu banyak dalam perairan dapat merusak biodiversiti perairan. Seng akan bersifat toksik pada ikan dan invertebrata jika konsentrasi  $Zn^{2+}$  melebihi baku mutu perairan yang telah ditetapkan. Jika ikan mencerna seng, maka seng akan masuk ke tulang dan terakumulasi dalam tubuh ikan (Nuttal dan Younger, 1999). Seng juga dapat mengerahkan efek beracun pada konsentrasi tinggi dan bahkan pembuangan industri, air rumah dan sumber air sering diperkaya dengan konsentrasi logam yang tinggi (Eddy *et al.*, 2008).

Seng adalah logam yang putih kebiruan, logam ini cukup mudah ditempa dan liat pada 110 – 150 °C. Seng melebur pada 410 °C dan mendidih pada 906 °C. Logamnya yang murni, melarut lambat sekali dalam asam dan dalam alkali, adanya zat – zat pencemar atau kontak dengan platinum atau tembaga, yang dihasilkan oleh penambahan beberapa tetes larutan garam dari logam – logam ini, mempercepat reaksi. Ini menjelaskan larutnya seng – seng komersial. Seng tersebut dengan mudah larut dalam asam klorida encer dan asam sulfat encer dengan mengeluarkan hidrogen :



Seng membentuk hanya satu seri garam, garam – garam ini mengandung kation seng (II), yang diturunkan dari seng oksida, ZnO (Vogel, 1990).

Seng memiliki konfigurasi elektron [Ar] 3d<sup>10</sup>4s<sup>2</sup> dengan radius ion sebesar ± 74 pm. Sebagian besar garam seng larut dalam air yang menunjukkan bahwa jika logam ini lepas ke dalam air permukaan maka memungkinkan untuk memberikan efek toksik atau berbahaya. Oleh karena itu penghilangan logam ini dari air dan air limbah penting untuk melindungi kesehatan masyarakat. Seng menjadi perhatian karena toksisitas dan non biodegradabilitasnya dengan dampak negatif pada ikan ketika dilepaskan ke sungai (Besser *et al.*, 1987; Gerhardt *et al.*, 2004).

Kadar dosis Zn yang berlebihan menyebabkan depresi, kelesuan, penyakit saraf seperti serangan jantung dan ataxia (Zhang *et al.*, 2010). Selain logam seng, terdapat juga logam berat lainnya yang terdapat pada pesisir pantai seperti logam Pb, Cd, CU, Ni, Zn (Siregar, 2010).

## 2.6 Taraf Signifikansi

Signifikansi atau disebut juga probabilitas merupakan tingkat ketepatan (presisi) dalam kaitannya dengan kesalahan pengambilan sampel (sampling error), merupakan jangkauan dimana nilai populasi yang tepat diperkirakan. Jangkauan ini sering diekspresikan dengan menggunakan poin-poin persentase, misalnya 1% atau 5%. Oleh karena itu jika seorang peneliti menemukan bahwa 60% pegawai perusahaan tertentu yang digunakan sebagai sampel sudah mengadopsi suatu metode bekerja yang direkomendasikan dengan tingkat ketepatan sebesar  $\pm 1\%$ , maka peneliti tersebut dapat menyimpulkan bahwa antara 59% dan 61% dari pegawai perusahaan tersebut yang menjadi populasi sudah mengadopsi metode tersebut. Lawan dari taraf signifikansi atau tanpa kesalahan adalah taraf kepercayaan. Jika taraf signifikansi = 5%, maka dengan kata lain dapat disebut taraf kepercayaan = 95%.

Tingkat kepercayaan atau disebut juga confidence level atau risk level didasarkan pada gagasan yang berasal dari Teorema Batas Sentral (Central Limit Theorem). Gagasan pokok yang berasal dari teorema tersebut ialah apabila suatu populasi secara berulang – ulang ditarik sampel, maka nilai rata-rata atribut yang diperoleh dari sampel-sampel tersebut sejajar dengan nilai populasi yang sebenarnya. Lebih lanjut, nilai-nilai yang diperoleh tersebut yang berasal dari sampel-sampel yang sudah ditarik didistribusikan secara normal dalam bentuk nilai benar / nyata. Bentuk nilai-nilai tersebut akan menjadi nilai-nilai sampel yang lebih tinggi atau lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai populasinya. Dalam suatu distribusi normal, sekitar 95% nilai-nilai sampel berada dalam dua simpangan baku (standard deviation) dari nilai populasi sebenarnya. Dengan kata lain, jika tingkat kepercayaan sebesar 95% dipilih, maka 95 dari

100 sampel akan mempunyai nilai populasi yang sebenarnya dalam jangkauan ketepatan sebagaimana sudah dispesifikasi sebelumnya. Ada kalanya bahwa sampel yang kita peroleh tidak mewakili nilai populasi yang sebenarnya. Tingkat kepercayaan berkisar antara 99% yang tertinggi dan 90% yang terendah. Dalam aplikasi SPSS 16.0, mini tab maupun analysis data dalam excel tingkat kepercayaan secara default diisi 95%. Tingkat kepercayaan berhubungan dengan interval kepercayaan.

Interval kepercayaan yang sering juga disebut margin of error merupakan nilai yang mencerminkan kurang atau lebih, misalnya interval kepercayaan 5 dan 50% mempunyai makna bahwa sampel yang kita pilih akan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang kita berikan dalam kisaran antara 45% (50% - 5%) dan 55% (50% + 5%) . Dalam menentukan ukuran sampel kita dapat menggunakan salah satu dari pertimbangan tersebut. Jika kita menggunakan secara bersamaan, maka angka tersebut diatas mempunyai makna bahwa kita yakin sebesar 95% persentase benar dari populasi yang ada ialah antara 45% dan 55%. Tingkat kepercayaan ditentukan berdasarkan ukuran sampel yang kita inginkan. Jika kita ingin tingkat kepercayaan tinggi, maka sampel yang diperlukan semakin besar. Sebaliknya jika tingkat kepercayaan rendah maka sampel akan semakin kecil. Semakin tinggi tingkat keyakinan (confidence level) maka semakin besar intervalnya. Sebaliknya semakin rendah tingkat keyakinan, maka semakin kecil intervalnya. Idealnya kita ingin memperoleh akan sebenarnya (nilai populasi sebenarnya) yang berarti interval kepercayaannya (confidence interval) kecil. Tetapi ini tidak mudah. Untuk mengatasi ini kita harus menggunakan ukuran sampel yang tepat. Semakin besar ukuran sampel maka semakin kecil kesalahan baku dan semakin kecil pula intervalnya.

## **2.7 Penelitian Terdahulu**

1. Irawanto dkk. (2015) telah melakukan penelitian peranan tanaman akuatik *Acanthus ilicifolius* (Jeruju) terhadap paparan konsentrasi logam berat yaitu logam Pb dan Cd. Penelitian eksperimental skala laboratorium ini dilakukan selama 15 hari terhadap media tanaman (pasir dan air)

serta bagian tanaman (akar, batang dan daun) dengan variasi jumlah tiga dan lima individu. Penelitian menunjukkan bahwa *Acanthus ilicifolius* termasuk tanaman akumulator dengan nilai translokasi faktor 1,01. Konsentrasi logam Pb pada hari ke 15 pemaparan di akar 8,958 ppm, batang 41 ppm dan daun 22 ppm. Sedangkan konsentrasu logam Cd yang ditemukan pada akar 237 ppm, batang 2 ppm dan daun 1 ppm.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Heriyanto (2011) mengenai kandungan logam berat pada tanaman, tanah, air, ikan dan udang di hutan mangrove untuk mengetahui jenis mangrove yang paling baik dalam menyerap polutan logam berat (Mg, Cd dan As) dan kandungan polutan dalam tanah, air, ikan dan udang yang hidup di perairan mangrove tersebut. Pada umumnya akumulasi terbesar Magnesium (Mg) pada bagian daun dan akar, Kadmium (Cd) pada bagian daun dan akar, Arsen (As) pada bagian daun dan batang mangrove yang dekat dengan sumber pencemar. Dalam menyerap zat pencemar jenis *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh, lebih baik dari *Rhizophora apiculata* Blume dan *Ceriops tagal* C.B. Rob.
3. Handayani (2006) melakukan penelitian mengenai bioakumulasi logam berat dalam mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Avicenna Marina* di Muara Angke Jakarta. Dari hasil analisa kandungan logam berat dengan menggunakan AAS diketahui bahwa rata – rata kandungan logam berat terbanyak adalah kandungan logam berat Cu yang terdapat pada bagian akar pohon bakau (24,431 ppm). Kandungan logam lain pada bagian akar adalah 21,342 ppm untuk logam Cd. Sedangkan rata –rata kandungan logam berat terbanyak dalam *Avicennia marina* adalah kandungan logam berat dalam akar. Di dalam akar, pohon *Avicennia marina* kandungan logam Cu 23,674 ppm, kandungan logam Cd 15,303 ppm. Sedangkan dalam sedimen, kandungan logam terbanyak terdapat pada logam berat Cu sebesar 26,640 ppm.

4. Kariada dan Irsadi (2014) melakukan penelitian mengenai peranan mangrove sebagai biofilter pencemaran air wilayah tambak bandeng Tapak, Semarang. Hasilnya adalah kadar logam berat Cu dalam perairan wilayah Tapak yaitu 0,001 – 0,007 mg/L dan kadar logam berat Cu untuk biota laut 0,008 mg/L. Hasil ini menunjukkan masih berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan Pemerintah sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang baku Mutu Air Laut. Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa mangrove yang berada di lingkungan tambak bandeng wilayah Tapak kota Semarang dapat berperan sebagai biofilter pencemaran Cu yang ada di perairan dan mangrove dari jenis *Avicennia Marina* mempunyai peranan yang lebih baik dari jenis *Rhizophora sp.* Sebagai biofilter pencemaran air di lingkungan tambak bandeng Tapak kota Semarang.
5. Herianto dan Subiandono (2011) telah melakukan penelitian mengenai penyerapan polutan logam berat (Hg, Pb, dan Cu) oleh jenis – jenis mangrove. Tujuan penelitian ini untuk memperoleh informasi mengenai jenis – jenis mangrove yang baik dalam menyerap polutan (Hg, Pb, dan Cu). Hasil penelitian menunjukkan bahwa akumulasi terbesar Cu (tembaga) pada umumnya terdapat pada bagian akar dan batang. Pb (timbal) terakumulasi pada bagian akar dan daun, sedangkan Hg (merkuri) paling banyak terakumulasi pada bagian batang dan daun mangrove yang dekat dengan sumber pencemar. Kemampuannya dalam menyerap tiga jenis logam berat/zat pencemar tersebut, jenis *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. Lebih baik dibandingkan dengan jenis *Rhizophora apiculata* Bl. dan *Ceriops tagal* C.B. Rob. Akumulasi Pb di Blanakan Subang pada jarak 0-500 m dalam udang ditemukan 16 kali lebih besar dibandingkan dengan jarak >1.000 m dari sumber pencemar, sedangkan dalam ikan bandeng ditemukan sebanyak 3 kali. Di Cilacap akumulasi Pb pada ikan blanak sebesar 3 kali, Cu 2,5 kali dan Hg 8 kali bila

dibandingkan antara jarak 0-500 m dan > 1.000 m dari sumber pencemar. Kandungan Hg pada udang 3 kali lebih besar dibandingkan dengan ikan blanak di Taman Nasional Alas Purwo, yaitu sebesar 3,12 µg/kg.

6. Panjaitan (2009) melakukan penelitian mengenai akumulasi logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada pohon *Avicennia marina* di hutan mangrove. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat Cu dan Pb pada akar *Avicennia marina* di stasiun Perairan Belawan lebih besar daripada di stasiun Desa Jaring Halus (kontrol) yakni berturut turut berkisar 12,0165 – 14,9900 mg/kg dan 6,650 – 8,8755 mg/kg dibanding 5,5305 – 11,7815 mg/kg dan 4,5855 – 5,6190 mg/kg. Kemampuan *Avicennia marina* dalam mengakumulasi logam berat Cu dikategorikan pada tingkat sedang, sedangkan pada logam berat Pb dikategorikan rendah. *Avicennia marina* dapat berperan mengurangi konsentrasi logam berat Cu dan Pb di Perairan Belawan dan Jaring Halus dari perbandingan pelipatgandaan konsentrasi logam yang diserap oleh vegetasi dengan konsentrasi air.
7. Rina (2010) telah melakukan penelitian mengenai kemampuan mangrove untuk menyerap logam berat merkuri (Hg) dan timbal (Pb). Dari hasil analisa organolaptik terdapat bukti nyata bahwa mangrove jenis *Bruguiera gymnorhiza* tahan terhadap konsentrasi toksik sedangkan mangrove jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* tidak tahan terhadap konsentrasi toksik. Tetapi mangrove jenis *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, dan *Bruguiera gymnorhiza* dapat menyerap logam berat dengan efektif terbukti pada analisa logam berat yang dilakukan. Kemampuan mangrove dalam menyerap logam berat memiliki perlakuan yang berbeda terhadap konsentrasi toksik pada setiap jenisnya, agar dapat mengurangi tingkat pencemaran dengan maksimal.



## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Metode penelitian merupakan langkah – langkah teknis yang dilakukan untuk memudahkan dalam pengerjaan tugas akhir. Dalam metodologi penelitian ini terdapat tahapan – tahapan penelitian dan metode yang dilakukan selama pelaksanaan tugas akhir, yaitu dari ide awal hingga pengerjaan laporan. Penelitian tugas akhir ini mempunyai tujuan untuk mengetahui peranan mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* terhadap paparan logam Zinc (Zn).

#### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

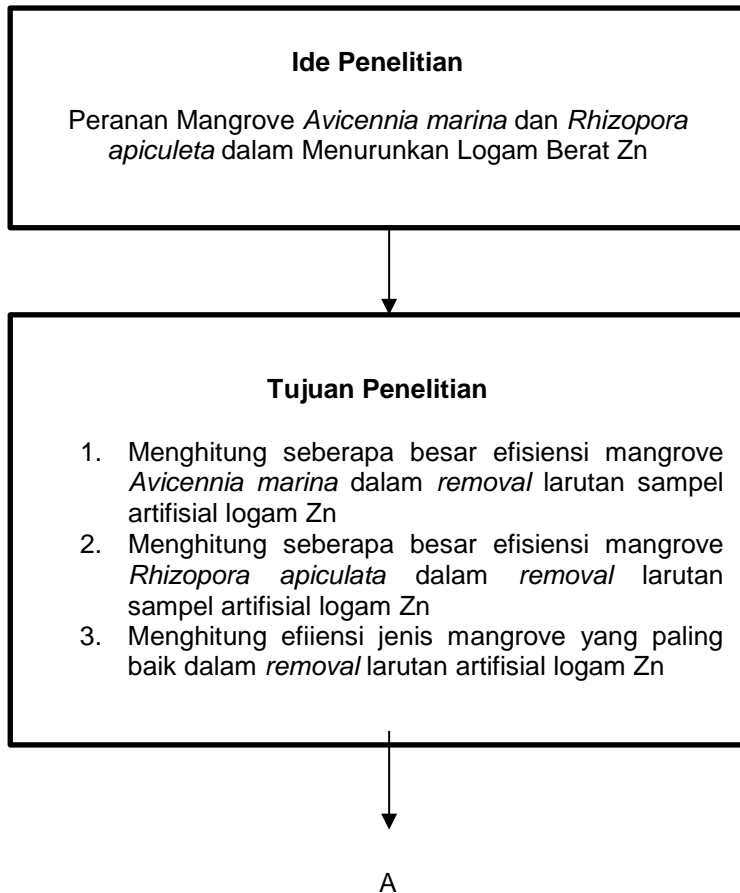
Penelitian dilakukan di *Green House* Jurusan Teknik Lingkungan dan di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS. Lokasi pengambilan mangrove jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* di Ekowisata Mangrove Wonorejo dalam kondisi sudah berumur 90 hari. Penelitian dilakukan selama 2 bulan dari bulan Februari hingga bulan Maret 2017.

#### **3.3 Kerangka Penelitian**

Kerangka penelitian pada metodologi penelitian merupakan tahapan – tahapan atau langkah – langkah yang akan dilakukan selama pengerjaan tugas akhir dari awal hingga didapatkan hasil. Dalam kerangka penelitian ini diuraikan kegiatan – kegiatan yang akan dilakukan pada penelitian tugas akhir agar pelaksanaan penelitian dapat dilakukan dengan sistematis dan didapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan serta mengurangi kesalahan yang terjadi saat penelitian.

Penelitian ini akan meneliti peranan *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* dalam menyerap logam berat Zn dengan sistem *batch*. Sampel yang digunakan adalah sampel larutan artifisial Zn dalam bentuk hidrat  $ZnSO_4$  dengan berbagai variasi konsentrasi. Sampel larutan artifisial adalah sampel buatan yaitu

dengan membuat larutan  $\text{ZnSO}_4$ . Parameter yang diamati berupa pH, suhu, kandungan logam Zinc (Zn). Variabel yang digunakan adalah jenis mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata*, variasi konsentrasi larutan sampel artifisial  $\text{ZnSO}_4$  dengan berbagai konsentrasi yang sebelumnya dilaksanakan uji *Range Finding Test* terlebih dahulu. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental skala laboratorium dengan menggunakan Spektrofotometri UV-VIS. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1



A



### **Studi Literatur**

1. Limbah elektroplating yang menghasilkan logam berat Zn
2. Mangrove :
  - A. *Avicennia marina*
  - B. *Rhizopora apiculeta*
3. Logam Berat Zn
4. Dampak pencemaran logam berat Zn
5. Penelitian terdahulu



### **Penentuan Variabel dan Parameter**

1. Variasi penelitian :
  - A. Jenis mangrove : *Avicennia marina* dan *Rhizopora Apiculeta*
  - B. Variasi konsentrasi larutan sampel artifisial  $\text{ZnSO}_4$  (didapatkan setelah uji *Range Finding Test*)
2. Parameter :
  - A. Parameter utama : kandungan logam berat Zn
  - B. Parameter pendukung : suhu, pH



B

B



### **Persiapan Alat dan Bahan**

1. Peralatan penelitian : Bak reaktor, alat ukur
2. Peralatan analisis : Spektrofotometer UV-VIS, beaker glass 100 mL dan 250 mL, pipet volumetrik 10 mL dan 50 mL, labu ukur 50 mL; 100 mL dan 1000 mL, erlenmeyer 100 mL, corong gelas, kaca arloji, pemanas listrik, timbangan analitik, labu semprot.
3. Bahan penelitian : Limbah artifisial  $\text{ZnSO}_4$ , tumbuhan mangrove, air PDAM.
4. Bahan analisis : larutan baku  $\text{ZnSO}_4$ , HCl pekat, larutan alizarin red, larutan buffer asetat pH 3, air aquadest.



### **Pelaksanaan Penelitian**

1. Penelitian Pendahuluan :
  - A. Aklimatisasi dan uji *Range Finding Test*
  - B. Persiapan reaktor uji limbah artifisial  $\text{ZnSO}_4$
2. Penelitian Utama :
  - A. Uji limbah artifisial  $\text{ZnSO}_4$  dengan menggunakan tumbuhan mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora Apiculeta*



C

C



### **Analisa Data dan Pembahasan**

1. Hubungan antara uji *range finding test* dengan kemampuan tanaman mangrove terhadap paparan larutan sampel artifisial  $\text{ZnSO}_4$
2. Hubungan antara variabel konsentrasi, waktu pemaparan dan laju penurunan  $\text{Zn(II)}$  pada *Avicennia marina*
3. Hubungan antara variabel konsentrasi, waktu pemaparan dan laju penurunan  $\text{Zn(II)}$  pada *Rhizophora apiculata*
4. Tabel perbandingan antara variabel yang satu dengan lainnya.



### **Kesimpulan**

1. Diperoleh kemampuan *Avicennia marina* dalam meremoval larutan artifisial  $\text{ZnSO}_4$
2. Diperoleh kemampuan *Rhizophora apiculata* dalam meremoval larutan artifisial  $\text{ZnSO}_4$
3. Diperoleh kemampuan yang paling efektif diantara kedua mangrove tersebut dalam meremoval logam Zn.

**Gambar 3. 1 Kerangka penelitian**

### 3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan penjelasan detail dari kerangka penelitian yang telah disusun sebelumnya. Tahapan penelitian dibuat untuk memberikan deskripsi tiap tahap agar mempermudah dalam pemahaman. Berikut merupakan tahapan penelitian yang dilakukan.

#### 1. Ide Penelitian

Penelitian ini membahas tentang peranan tanaman mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizopora apiculeta* dalam menurunkan konsentrasi logam zinc (Zn). Variabel dalam penelitian ini adalah jenis mangrove yaitu *Avicennia marina* dan *Rhizopora apiculeta*, dan larutan sampel artifisial  $ZnSO_4$  dengan berbagai variasi konsentrasi yang akan didapatkan setelah uji *Range Finding Test*. Parameter utama yang diukur yaitu logam berat Zn sedangkan parameter kontrollangnya yaitu suhu dan pH. Penelitian ini merupakan penelitian pendahuluan untuk mengetahui seberapa besar efisiensi tanaman mangrove jenis *Avicennia marina* dan *Rhizopora apiculeta* dalam menurunkan kandungan logam Zn. Harapannya setelah adanya hasil penelitian ini bisa dilaksanakan penelitian lanjutan yang berada di lapangan untuk mengetahui kandungan logam Zn dalam Industri Elektroplating yang melewati sungai- sungai di Surabaya.

#### 2. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk membantu ide penelitian sehingga pengetahuan tentang penelitian yang akan diteliti bisa meningkat. Sumber studi literatur berasal dari jurnal penelitian nasional maupun internasional, text book, disertasi, tugas akhir dan review jurnal yang berhubungan dengan penelitian ini. Literatur yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu :

- A. Limbah elektroplating yang menghasilkan logam Zn
- B. Tanaman mangrove jenis *Avicennia marina*
- C. Tanaman mangrove jenis *Rhizopora apiculeta*

- D. Logam berat Zinc (Zn) beserta sifat – sifat dari logam tersebut, efek toksik bagi lingkungan maupun kesehatan masyarakat
- E. Mempelajari hasil dari penelitian - penelitian terdahulu yang berhubungan dengan tanaman mangrove dalam menyerap logam – logam berbahaya untuk menunjang dalam pelaksanaan penelitian ini.

### 3. Penentuan Variabel dan Parameter

Variabel merupakan sesuatu yang bisa diberi nilai sedangkan parameter merupakan sesuatu yang bisa diukur. Variabel dan parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

#### A. Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 yaitu variasi jenis tanaman mangrove dan variasi konsentrasi yang didapatkan setelah uji *Range Finding Test*. Jenis tanaman yang akan digunakan adalah *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* yang memiliki umur 90 hari yang sebelumnya telah di rawat dan dikembangkan biakan di tempat Ekowisata Mangrove Wonorejo. Variasi konsentrasi yang akan digunakan dalam uji *Range Finding Test* yaitu 100 mg/L ; 200 mg/L ; 300 mg/L ; 400 mg/L ; 500 mg/L. Sistem yang digunakan yaitu sistem batch. Ketinggian untuk tiap media pada reaktor adalah 0.5 meter. Lama pengamatan yaitu selama 20 hari pengamatan untuk mengetahui kemampuan optimum tanaman mangrove dalam menyerap logam berat Zn dimana sampel diambil dalam 5 hari sekali. Lama waktu berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Irwanto (2006) mengenai waktu optimum tanaman dalam menyerap logam selama 15 hari. Kondisi variasi setiap variabel dapat dilihat pada Tabel 3.1. jumlah dan kondisi reaktor uji dapat dilihat pada Tabel 3.2.

#### B. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu kandungan logam berat Zn yang dibuat secara artifisial yang akan diolah oleh tanaman mangrove jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata*. Logam Zn merupakan salah satu

parameter yang menjadi baku mutu berbagai air limbah industri elektroplating selain beberapa parameter logam lainnya. Tingkat toksisitas dalam logam Zn di industri elektroplating sangat berbahaya dan salah satu indikasi pencemaran lingkungan (Roekmijati, 2002).

#### C. Variabel Kontrol

Variabel kontrol yang digunakan berupa kontrol tanaman dan kontrol limbah. Sebagai kontrol tanaman digunakan air PDAM dengan media dan tanaman. Sebagai kontrol limbah digunakan media tanpa tanaman.

#### D. Parameter Utama

Parameter utama yang diukur adalah kandungan konsentrasi logam Zn yang di serap oleh tanaman mangrove. Sedangkan parameter pendukung yang diukur adalah pH dan suhu.

**Tabel 3. 1 Variasi Variabel Penelitian**

Jenis Mangrove	Konsentrasi (1) sampel artificial $\text{ZnSO}_4$	Konsentrasi (2) sampel artificial $\text{ZnSO}_4$	Konsentrasi (3) sampel articial $\text{ZnSO}_4$
<i>Avicennia marina</i> (A)	A1	A2	A3
<i>Rhizophora apiculeta</i> (B)	B1	B2	B3

Keterangan:

A = *Avicennia marina*

B = *Rhizophora apiculeta*

1 = Konsentrasi 1 sampel artifisial  $\text{ZnSO}_4$

2 = Konsentrasi 2 sampel artifisial  $\text{ZnSO}_4$

3 = Konsentrasi 3 sampel artifisial  $\text{ZnSO}_4$



**Tabel 3. 2 Jumlah dan Kondisi Reaktor Uji**

Bak Perlakuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
<i>Avicennia marina</i> (A) ulangan 1 (a)	A1a	A2a	A3a
<i>Avicennia marina</i> (A) ulangan 2 (b)	A1b	A2b	A3b
<i>Avicennia marina</i> (A) ulangan 3 (c)	A1c	A2c	A3c
<i>Rhizophora apiculeta</i> (B) ulangan 1 (a)	B1a	B2a	B3a
<i>Rhizophora apiculeta</i> (B) (ulangan 2	B1b	B2b	B3b
<i>Rhizophora apiculeta</i> (B) ulangan 3 (c)	B1c	B2c	B3c
Bak Kontrol	Sampel air pdam (0)		
<i>Avicennia marina</i> (A) ulangan 1 (a)	A0a		
<i>Avicennia marina</i> (A) ulangan 2 (b)	A0b		
<i>Avicennia marina</i> (A) ulangan 3 (c)	A0c		
<i>Rhizophora apiculeta</i> (B) ulangan 1 (a)	B0a		
<i>Rhizophora apiculeta</i> (B) (ulangan 2	B0b		

Lanjutan Tabel 3.2

Bak Kontrol	Sampel air pdam (0)
<i>Rhizopora apiculeta</i> (B) ulangan 3 (c)	B0c

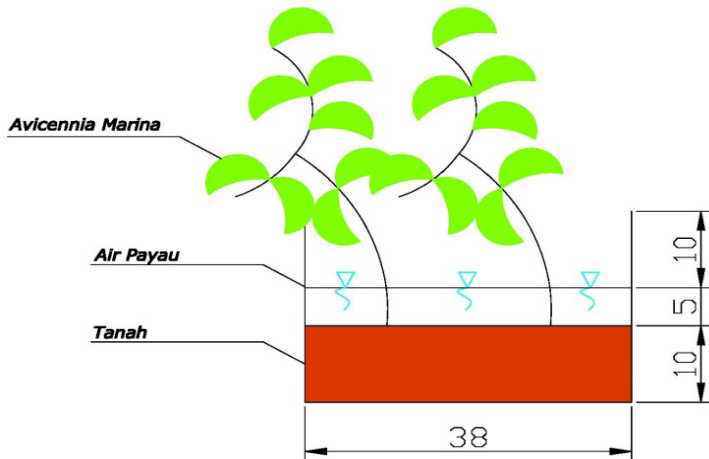
Penelitian dilakukan dengan ulangan tiga kali / triplo. Pemaparan logam berat Zn dilakukan dengan menambahkan sampel artifisial logam  $ZnSO_4$  ke dalam media tanam masing – masing jenis mangrove dengan jumlah tanaman 1 individu tanaman pada setiap jenis mangrove. Sehingga untuk penelitian ini diperlukan 18 bak perlakuan dan 6 bak kontrol, dengan bibit sejumlah 12 bibit *Avicennia Marina* dan 12 bibit *Rhizopora apiculeta*.

#### 4. Persiapan Penelitian

##### A. Persiapan alat.

Peralatan yang digunakan selama penelitian yaitu :

- Bak reaktor untuk tahap uji Range Finding Test dengan ukuran 270 mm x 233 mm berupa ember plastik.
- Bak reaktor untuk uji pemaparan logam Zn dengan tanaman mangrove dengan ukuran 270 mm x 233 mm.
- Reaktor merupakan ember yang terbuat dari plastik.
- Reaktor diisi dengan media tanah dengan ketinggian media 5- 10 cm karena menyesuaikan dengan panjang akar dari tanaman (Tangahu *et al.*) . ketinggian air diatas media mencapai 5 cm – 10 cm (AlBadawi *et al.*, 2013)



**Gambar 3. 2 Contoh bak reaktor**

- a. pH meter dan thermometer portable
  - b. Penggaris untuk mengukur tinggi tanaman
  - c. Spektrofotometri UV – VIS
  - d. Perlengkapan untuk pengukuran logam Zn: beaker glass 100 mL dan 250 mL, pipet volumetrik 10 mL dan 50 mL, labu ukur 50 mL; 100 mL dan 1000 mL, erlenmeyer 100 mL, corong gelas, kaca arloji, pemanas listrik, timbangan analitik, labu semprot.
- B. Persiapan Bahan
1. Sampel limbah artifisial  $\text{ZnSO}_4$   
 Larutan stok Zn 1000 ppm dibuat dengan cara memasukkan 0,2199 g  $\text{ZnSO}_4$  ke dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas tera. Kemudian diencerkan untuk keperluan uji *Range Finding Test* sebesar 100 mg/L ; 200

mg/L ; 300 mg/L ; 400 mg/L ; 500 mg/L.

2. Air PDAM dan media tanah

- a) Air yang digunakan untuk bak kontrol yaitu air PDAM dimana kemungkinan tidak tercemar logam Zn sehingga cocok untuk digunakan sebagai blanko.
- b) Media tanah merupakan media penyangga pada tanaman. Penggunaan media tanaman ini untuk larutan unsur hara dan udara serta pada prinsipnya tidak menekan pertumbuhan akar.

3. Tanaman mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata*

- a) Jumlah tanaman mangrove jenis *Avicennia marina* yang dibutuhkan sebanyak 12 tanaman sedangkan tanaman mangrove jenis *Rhizophora apiculata* sebanyak 12 tanaman juga untuk keperluan uji *Range Finding Test* maupun uji paparan logam Zn.
- b) Tanaman yang digunakan merupakan tanaman yang mempunyai umur yang sama yaitu 90 hari.
- c) Tanaman tersebut akan disimpan di dalam reaktor dimana terdapat larutan sampel artifisial  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .
- d) Bahan untuk analisa logam Zn dengan menggunakan spektrofotometer UV –VIS dapat dilihat didalam lampiran A.

5. Pelaksanaan Penelitian

A. Pelaksanaan penelitian terbagi menjadi dua yaitu :

- a. Penelitian pendahuluan
- b. Penelitian utama.

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mempersiapkan media dan tanaman sebelum digunakan dalam penelitian ini. Penelitian

pendahuluan yang dilakukan meliputi aklimatisasi dan uji *Range Finding Test* . sedangkan penelitian utama yaitu uji paparan logam Zn dengan menggunakan jenis tanaman mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata*. Berikut merupakan penelitan pendahuluan yang meliputi :

B. Aklimatisasi

- a) Aklimatisasi tanaman dilakukan supaya tanaman *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* dapat menyesuaikan diri dengan kondisi dan media yang akan digunakan pada tahap uji *Range Finding Treatment* dan uji paparan logam Zn.
- b) Proses aklimatisasi dilakukan dengan cara meletakkan tanaman pada reaktor yang akan digunakan pada penelitian uji paparan logam Zn.
- c) Tahap ini dilakukan selama 7 hari menggunakan media tanah tanpa pencemar, dan menggunakan air PDAM.
- d) Aklimatisasi tanaman dilakukan dalam bak reaktor plastik berukuran 270 mm x 233 mm..
- e) Pada kondisi ini diharapkan tanaman dapat beradaptasi dengan karakteristik tumbuh subur (tidak layu dan mati).
- f) Tanaman dengan kondisi inilah yang akan digunakan untuk tahap RFT dan penelitian utama (Octarina, 2015).

C. RFT (Range Finding Test)

- a) RFT dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tanaman dalam menyerap polutan pada konsentrasi tertentu.
- b) Tahap ini dilakukan dengan membuat variasi konsentrasi air limbah yang kemudian akan diujikan pada tanaman pengolah.
- c) Reaktor yang digunakan adalah ember

berukuran 270 mm x 233 mm yang berisi media tanah dengan tinggi 10 cm – 15 cm dengan volume limbah sebanyak 2 L dengan berbagai variasi konsentrasi.

- d) Tanaman yang digunakan pada tahap ini yaitu tanaman hasil dari tahap aklimatisasi sebelumnya. USEPA Guidelines Part OPPTS 850.4400 menyatakan bahwa banyak konsentrasi yang divariasikan pada tahap RFT yaitu 5 konsentrasi selama 7 hari. Variasi konsentrasi yang akan digunakan adalah 0% (kontrol), 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L, 400 mg/L, dan 500 mg/L.
- e) Pada masing-masing konsentrasi akan diamati parameter pertumbuhan tanaman. Pada konsentrasi yang membuat tanaman masih segar (tidak layu dan mati) inilah yang akan digunakan pada uji utama phytotreatment.

#### D. Penelitian utama

- a) Penelitian utama yaitu tahap uji logam Zn dengan jenis tanaman mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata*.
- b) Pada tahap ini yang harus dilakukan yaitu mempersiapkan limbah sampel artifisial  $\text{ZnSO}_4$  dengan konsentrasi berdasarkan hasil uji Range Finding Test pada penelitian pendahuluan.
- c) Penelitian dilakukan dengan menambahkan larutan artifisial  $\text{ZnSO}_4$  ke dalam bak reaktor yang sudah terisi tanaman mangrove beserta media tanah. Sistem yang digunakan yaitu sistem batch.
- d) Sampel diambil selama 5 hari sekali dalam waktu 20 hari. Lama pengamatan ini untuk mengetahui kemampuan optimum tanaman mangrove jenis *Avicennia marina* maupun *Rhizophora apiculata* dalam menyerap

pencemar logam Zn.

- e) Parameter yang diukur yaitu logam Zn, pH dan suhu.

6. Uji Parameter

Parameter akan diamati setiap memasuki hari ke 5, hari ke 10, hari ke 15 dan hari ke 20 pada masing – masing reaktor dengan pengulangan tiga kali/triplo. Berikut ini adalah parameter yang akan diamati pada penelitian ini:

- A. Analisa logam Zn sesuai dengan SNI 06-6989.7-2004 yang dapat dilihat pada lampiran A.
- B. Analisa pH sesuai dengan SNI 06-6989.7-2004 yang dapat dilihat pada lampiran A.
- C. Analisa suhu sesuai dengan SNI 06-6989.23-2005 dapat dilihat pada lampiran A

7. Uji Signifikansi dan Uji Analisis Quality Control

Uji signifikansi adalah uji statistik yang bertujuan untuk mengetahui signifikansi setiap variabel dalam penelitian ini. Uji ini juga berfungsi untuk mengetahui keterkaitan satu variabel dengan variabel lain. Uji signifikansi dalam penelitian ini menggunakan software minitab. Sedangkan uji Analisis Quality Control yaitu merupakan salah satu cara pengendali kualitas yang berbentuk grafik dan dipergunakan untuk memonitor atau memantau stabilitas dari suatu proses dalam hal ini pembuatan konsentrasi larutan artifisial  $\text{ZnSO}_4$ . Uji analisis quality control ini dengan menggunakan software control chart.

8. Analisis Data dan Pembahasan

Analisa data dan pembahasan dilakukan pada setiap data yang sudah terkumpul dari hasil penelitian. Data yang didapatkan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan dalam proses analisis secara deskriptif. Tabel dan grafik yang disajikan berupa:

- A. Hubungan antara uji *range finding test* dengan kemampuan tanaman mangrove terhadap paparan

larutan sampel artifisial  $\text{ZnSO}_4$  dimana sumbu x merupakan konsentrasi  $\text{ZnSO}_4$  dan sumbu y merupakan % efisiensi *removal* terhadap logam  $\text{Zn(II)}$ .

- B. Hubungan antara variabel konsentrasi, waktu paparan dan laju penurunan  $\text{Zn(II)}$  pada *Avicennia marina* dimana sumbu x merupakan waktu paparan, variabel konsentrasi sedangkan sumbu y merupakan absorbansi dari hasil analisis spektrofotometer UV-VIS
- C. Hubungan antara variabel konsentrasi, waktu paparan dan laju penurunan  $\text{Zn(II)}$  pada *Rhizopora apiculata* dimana sumbu x merupakan waktu paparan, variabel konsentrasi sedangkan sumbu y merupakan absorbansi dari hasil analisis spektrofotometer UV-VIS.
- D. Tabel perbandingan antara variabel yang satu dengan lainnya.

Setelah data tersaji, kemudian dilakukan analisis dan pembahasan mengenai penguraian, penyelidikan, ataupun evaluasi hasil yang sudah diperoleh. Dari adanya analisis tersebut akan diperoleh hasil pengolahan limbah.

#### 9. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran didasarkan dari hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan selama penelitian. Kesimpulan bertujuan untuk menjawab tujuan dari penelitian dan untuk mempermudah pembaca memperoleh gambaran ringkasan hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Saran yang berisi evaluasi dan rekomendasi dapat berguna bagi penelitian selanjutnya agar tidak terjadi kesalahan yang sama dan dapat tercapainya penyempurnaan penelitian sehingga diperoleh informasi yang dapat dipertanggung jawabkan dalam penelitian-penelitian selanjutnya.



## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Tahap Aklimatisasi

Tahap aklimatisasi merupakan sebuah tahapan dalam upaya penyesuaian adaptasi dari suatu organisme terhadap suatu lingkungan baru yang akan dimasukinya. Pada hal ini aklimatisasi tanaman dilakukan supaya tanaman *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculeta* dapat menyesuaikan diri dengan kondisi dan media yang akan digunakan pada tahap uji *Range Finding Test* dan uji paparan logam Zn.

Proses aklimatisasi dilakukan dengan cara meletakkan tanaman pada reaktor yang akan digunakan pada penelitian uji paparan logam Zn. Tahapan ini dilakukan selama 7 hari dengan menggunakan media tanah tanpa pencemar dan menggunakan air PDAM. Proses aklimatisasi dapat dilihat pada Gambar 4.1



(A)

(B)

**Gambar 4. 1 Tahap aklimatisasi tanaman  
(A) *Rhizophora apiculeta* (B) *Avicennia marina***

Pada proses aklimatisasi tersebut selama 7 hari, tanaman *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculeta* dapat hidup dengan baik dalam keadaan tidak mati dan tidak layu. Tanaman ini yang akan digunakan pada uji *Range Finding Test* dan uji paparan logam Zn.

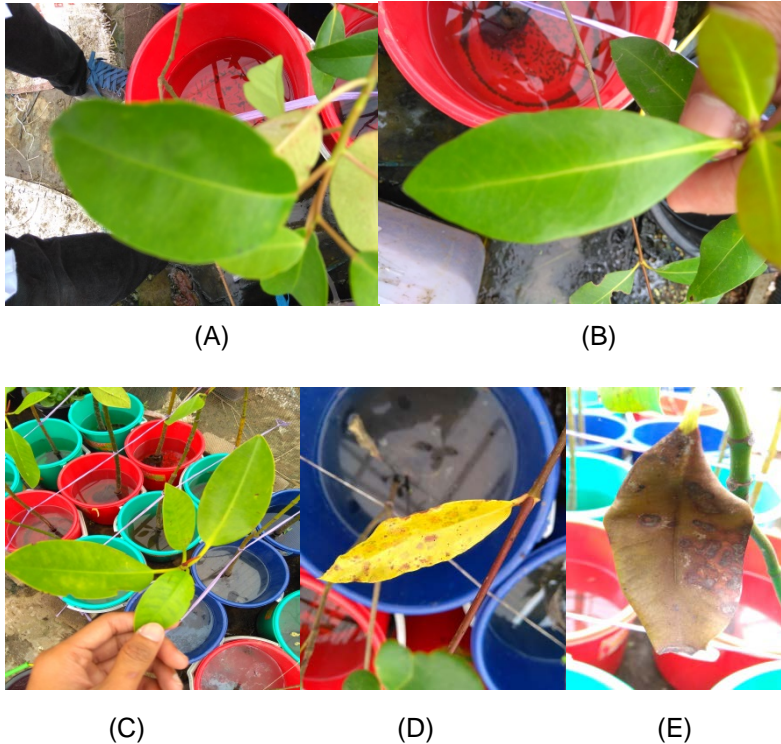
## 4.2 Range Finding Test (RFT)

*Range Finding Test (RFT)* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tanaman *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* dalam menyerap polutan logam Zn pada konsentrasi tertentu. Tahapan ini dilakukan dengan membuat variasi konsentrasi polutan logam Zn yang kemudian akan diujikan pada tanaman pengolah. Tanaman yang digunakan dalam *Range Finding Test* ini adalah tanaman hasil aklimatisasi sebelumnya. Hal ini dilakukan agar tanaman sudah beradaptasi dengan lingkungan di lokasi penelitian yaitu halaman belakang Jurusan Teknik Lingkungan ITS.

Tanaman yang digunakan untuk *Range Finding Test* memiliki umur yang sama yaitu 90 hari. Hal ini dimaksudkan supaya tanaman *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* memiliki kemampuan yang sama untuk bertahan pada paparan limbah logam Zn selama tahap RFT berlangsung. Umur ini merupakan umur yang cukup dalam meremoval logam berat Zn karena mempunyai nutrisi yang cukup, jaringan akar, batang dan juga daun dalam meremoval logam berat Zn (Noor,2006). Variasi konsentrasi logam Zn yang digunakan dalam tahap *Range Finding Test* ini adalah 0 ppm (kontrol), 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, dan 500 ppm. Pada uji *Range Finding Test* digunakan reaktor berupa ember dengan ukuran 270 mm x 233 mm. Volume air limbah yang digunakan sebanyak 8 L, dengan media tanah dengan ukuran tingginya 9 cm. Tahapan ini dilakukan selama 7 hari. Melalui tahap *Range Finding Test* ini juga akan diketahui konsentrasi yang tidak memberikan efek kematian pada tanaman seperti daun menguning, terdapat bercak – bercak cokelat dan terdapat banyak lubang pada daun. Konsentrasi yang tidak memberikan efek kematian ini yang nantinya akan digunakan pada uji penelitian utama yaitu paparan logam Zn.

Dari hasil pengamatan selama 7 hari, dapat dilihat bahwa tanaman *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* mampu hidup dengan baik dengan konsentrasi 100 ppm, 200 ppm dan juga 300 ppm ditandai dengan daun yang tidak layu dan tidak menguning . Pada kedua tanaman tersebut dengan konsentrasi

400 ppm dan 500 ppm, tanaman *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* mengalami kematian, layu dan daun menguning, terdapat lubang pada daun maupun bercak – bercak coklat dalam daun. Hasil pengamatan fisik pada tanaman *Avicennia marina* maupun *Rhizophora apiculata* dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan 4.3



**Gambar 4. 2 Tahap Range Finding Test *Rhizophora apiculata***  
**(A) 100 ppm, (B) 200 ppm, (C) 300 ppm, (D) 400 ppm, (E) 500 ppm**



(A)

(B)



(C)

(D)

(E)

**Gambar 4. 3 Tahap *Range Finding Test* *Avicennia marina***  
**(A) 100 ppm, (B) 200 ppm, (C) 300 ppm, (D) 400 ppm, (E) 500 ppm**

Hasil diatas menggambarkan bahwa *Rhizopora apiculeta* mampu menerima paparan polutan logam Zn dengan kadar 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm. Sedangkan pada kadar 400 ppm dan 500 ppm tanaman tersebut tidak mampu menerima polutan dengan sebesar itu ditandai dengan batang yang menguning, daun yang menguning dan juga coklat layu seperti terlihat pada Gambar 4.2. Pada Gambar 4.3, tanaman *Avicennia marina* pun mampu menerima paparan polutan logam Zn hingga 300 ppm, sedangkan pada kadar 400 ppm dan 500 ppm tanaman tidak

mampu menerima polutan sebesar itu ditandai dengan daun tanaman yang berwarna coklat, layu dan berlubang.

Seharusnya dilihat juga perubahan struktur akar pada tanaman mangrove tersebut. Dikarenakan pada Panjaitan (2006) mengatakan bahwa tanaman mangrove menyerap paling besar pada bagian akarnya. Berikut merupakan Gambar 4.4 mengenai anatomi akar di bagian dalam pada kedua tumbuhan.



**Gambar 4. 4 Anatomi akar kedua tumbuhan**

Sumber : Hadi, 2016

Pada Gambar 4.4 dapat dijelaskan bahwasanya ketika akar dibelah dan dilihat anatomi akar bagian dalam terlihat warna pada bagian dalam akar lebih gelap dan berwarna agak hitam. Hal ini dikarenakan terpapar logam berat hingga hampir ke seluruh bagian akar (Hadi,2016).

*Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* mampu menerima paparan polutan logam Zn dengan kadar 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm. Besar konsentrasi ini yang nantinya akan digunakan pada uji penelitian utama yaitu paparan logam Zn.

### 4.3 Uji *Analysis Quality Control*

Uji *Analysis Quality Control* yaitu merupakan salah satu cara pengendali kualitas yang berbentuk grafik dan dipergunakan untuk memonitor atau memantau stabilitas dari suatu proses dalam hal ini pembuatan konsentrasi limbah artifisial  $\text{ZnSO}_4$ . Uji analisis quality control ini dengan menggunakan software control chart.

Uji *Analysis Quality Control* merupakan suatu metode grafis yang mengevaluasi performansi proses dan dapat dimanfaatkan untuk memutuskan kapan seharusnya menghentikan proses ke dalam sebuah grafik terhadap waktu dalam bentuk yang sederhana sehingga mudah untuk menganalisa apakah proses beroperasi secara normal atau tidak.

Menurut (Tham, 2001) grafik kontrol membuat asumsi tentang data statistik yang di-plot sebagai berikut :

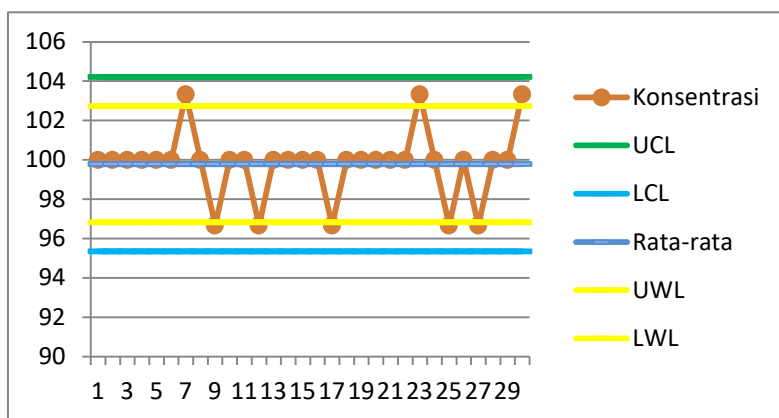
1. *Independent*, yaitu nilai data tidak dipengaruhi oleh nilai sebelumnya dan tidak akan mempengaruhi nilai sesudahnya.
2. Terdistribusi normal, data memiliki fungsi kerapatan probabilitas normal. Grafik kontrol ini memiliki :
  - A. Garis pusat (*Center Line*) atau target yang merupakan rata – rata kualitas dari proses yang dibentuk atau nilai yang dikehendaki,
  - B. Batas kontrol atas (*upper center line / UCL*) yang merupakan batas maksimum kualitas produk dapat diterima.
  - C. Batas kontrol bawah (*low center line / LCL*) yang merupakan batas minimum kualitas produk dapat diterima.

Menurut (Bissel, 1996), masing-masing batas kontrol dalam grafik kontrol memiliki dua jenis batas (*limit*) yang dapat digunakan untuk menentukan kondisi dari proses yang sedang ditinjau , yaitu:

1. Batas aksi (*action limit*) yang lebih dikenal sebagai batas *upper action limit* dan *lower action limit*. Dimana nilai batas aksi sama dengan batas  $\pm 3\sigma$ .

2. Batas peringatan (*warning limit*) yang digunakan untuk meningkatkan sensitivitas grafik control. Memiliki 2 *warning limit* yaitu: *upper warning limit* dan *lower warning limit*. Dimana batas peringatan sama dengan  $\pm 2\sigma$ .

Sampel yang digunakan pada uji Analisis Quality Control ini merupakan sampel limbah artifisial  $\text{ZnSO}_4$  dengan konsentrasi 100 mg/L dimana jumlah sampel sebanyak 30 sampel. Data ini merupakan grafik kontrol individual-moving range dikarenakan hanya menggunakan satu buah data yaitu 100 mg/L dalam setiap kali pembuatan sampel. Grafik kontrol individual-moving range terdiri atas grafik limbah artifisial Zn, *upper control limit* (batas kontrol atas) dan *lower control limit* (batas kontrol bawah). Berikut hasil uji *Analysis Quality Control* pada Gambar 4.5 :



**Gambar 4. 5 Hasil uji *analysis quality control***

Keterangan :

1. Garis referensi pusat (*center line*) adalah X-bar, yaitu nilai rata-rata dari sebuah pengukuran yang dalam hal ini yaitu konsentrasi limbah artifisial Zn. Untuk menghitung X-bar digunakan persamaan:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_{30}}{30}$$

$$\bar{X} = \frac{2993,33}{30}$$

$$\bar{X} = 99,78$$

2. UCL (*Upper Control Limit*), yaitu batas kontrol atas yang diterima pada sampel limbah artifisial Zn yang telah dibuat. Untuk menghitung batas kontrol atas digunakan persamaan :

$$UCL_x = \bar{X} + 3 x \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

Dimana nilai  $d_2$  adalah 1,128 sedangkan untuk menghitung  $\overline{MR}$  digunakan persamaan :

$$\overline{MR} = \frac{MR_1 + MR_2 + MR_3 + \dots + MR_{30}}{30}$$

$$\overline{MR} = \frac{50}{30}$$

$$\overline{MR} = 1,67$$

Maka,

$$UCL_x = \bar{X} + 3 x \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$UCL_x = 99,78 + 3 x \frac{1,67}{1,128}$$

$$UCL_x = 104,21$$

3. LCL (*Lower Control Limit*), yaitu batas kontrol bawah yang diterima pada sampel limbah artifisial Zn yang telah dibuat. Untuk menghitung batas kontrol bawah digunakan persamaan :



$$LCL_x = \bar{X} - 3 x \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

Dimana nilai  $d_2$  adalah 1,128 sedangkan untuk menghitung  $\overline{MR}$  digunakan persamaan :

$$\overline{MR} = \frac{MR_1 + MR_2 + MR_3 + \dots + MR_{30}}{30}$$

$$\overline{MR} = \frac{50}{30}$$

$$\overline{MR} = 1,67$$

Maka,

$$LCL_x = \bar{X} - 3 x \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$UCL_x = 99,78 - 3 x \frac{1,67}{1,128}$$

$$UCL_x = 95,35$$

4. UWL (*Upper Warning Limit*), yaitu batas peringatan atas yang masih dapat diterima pada sampel limbah artifisial Zn yang telah dibuat. Untuk menghitung batas kontrol atas digunakan persamaan :

$$UWL_x = \bar{X} + 2 x \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

Dimana nilai  $d_2$  adalah 1,128 sedangkan untuk menghitung  $\overline{MR}$  digunakan persamaan :

$$\overline{MR} = \frac{MR_1 + MR_2 + MR_3 + \dots + MR_{30}}{30}$$

$$\overline{MR} = \frac{50}{30}$$

$$\overline{MR} = 1,67$$

Maka,

$$UWL_x = \bar{X} + 2 x \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$UWL_x = 99,78 + 3 x \frac{1,67}{1,128}$$

$$UWL_x = 102,73$$

5. LWL (*Lower Warning Limit*), yaitu batas peringatan bawah yang masih dapat diterima pada sampel limbah artifisial Zn yang telah dibuat. Untuk menghitung batas kontrol bawah digunakan persamaan :

$$LWL_x = \bar{X} - 2 x \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

Dimana nilai  $d_2$  adalah 1,128 sedangkan untuk menghitung  $\overline{MR}$  digunakan persamaan :

$$\overline{MR} = \frac{MR_1 + MR_2 + MR_3 + \dots + MR_{30}}{30}$$

$$\overline{MR} = \frac{50}{30}$$

$$\overline{MR} = 1,67$$

Maka,

$$LWL_x = \bar{X} - 2 x \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$LWL_x = 99,78 - 2 x \frac{1,67}{1,128}$$

$$LWL_x = 96,82$$

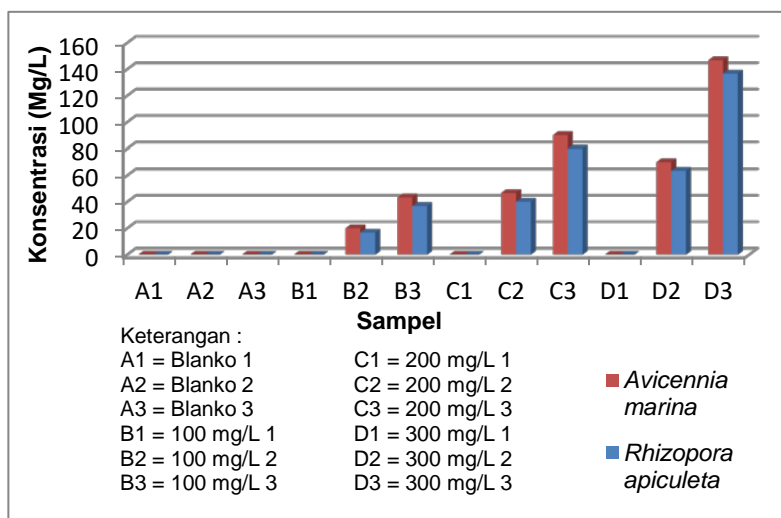
Saat kondisi terkontrol secara statistik terjadi, seluruh titik akan berada diantara batas kontrol atas dan bawah (Mamzic,1995). Hal ini ditunjukkan dengan hasil data di atas. Apabila satu titik sampel limbah artifisial Zn berada di luar batas kontrol, maka proses dinyatakan *out of control*. Jika *out of control*, maka terjadi kesalahan dalam pembuatan sampel limbah artifisial Zn. Dengan hasil ini, uji *Analysis Quality Control* yang telah dibuat dapat dinyatakan menghasilkan data yang baik dan akurat dalam pembuatan limbah artifisial Zn karena semua sampel berada diantara batas kontrol atas dan batas kontrol bawah.

#### 4.4 Analisa Logam Zn

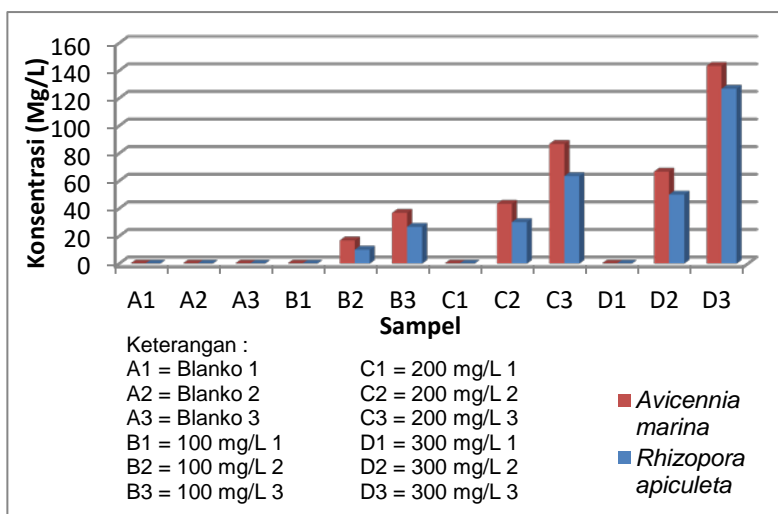
Analisa logam Zn dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanaman mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* ketika di paparkan limbah artifisial logam Zn. Sampel limbah diambil selama 5 hari sekali dalam waktu 20 hari. Lama pengamatan ini untuk mengetahui kemampuan optimum tanaman mangrove *Avicennia marina* maupun *Rhizophora apiculata* dalam menyerap pencemar logam Zn. Limbah artifisial logam Zn yang digunakan terdiri dari berbagai konsentrasi dimulai dari blanko, 100 mg/L, 200 mg/L dan 300 mg/L sesuai dengan hasil uji *Range Finding Test*. Semua konsentrasi dilakukan sebanyak triplo atau tiga kali pengulangan. Pada setiap pengulangan dilakukan perlakuan yang berbeda, pengulangan yang pertama dengan menggunakan 100% air yang sesuai dengan pertumbuhan mangrove, pengulangan kedua 75% air yang sesuai dengan pertumbuhan mangrove + 25% konsentrasi air limbah artifisial logam Zn, pengulangan ketiga 50% air yang sesuai dengan pertumbuhan mangrove + 50% air limbah artifisial logam Zn.

Tanaman mangrove memiliki kemampuan menyerap logam tetapi dalam jumlah yang bervariasi dan tergantung dari jenis mangrovenya. Penyerapan logam berat ditentukan oleh tipe jaringan dan perlakuan yang diberikan (Knox,2000). Sehingga yang paling menentukan adalah jenis/spesies tanaman dimana hal ini digunakan tanaman *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata*. Sejumlah tanaman terbukti memiliki sifat hiperakumulasi, yakni mampu mengakumulasi unsur logam

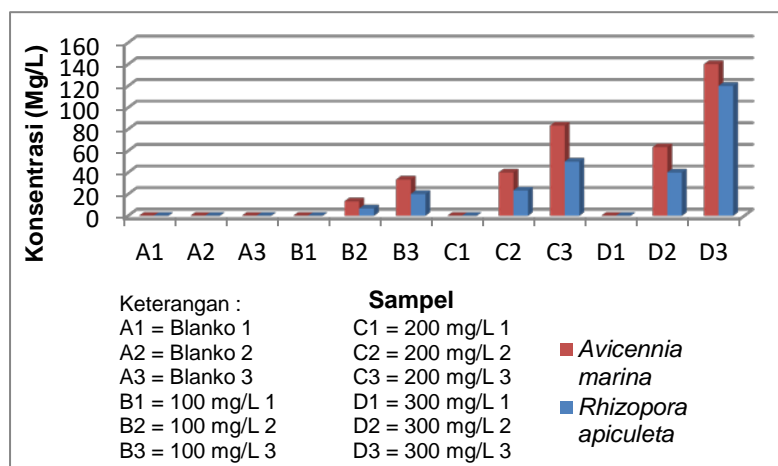
tertentu dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuknya, sehingga bersifat hiperakumulator (Hidayati,2005). Sifat hiperakumulator dapat digunakan untuk logam berat diserap oleh akar tanaman untuk disimpan, diolah atau dibuang saat dipanen. Tanaman mampu menyerap logam berat dan mentranslokasikannya ke bagian tanaman mulai dari akar hingga ke daun (Panjaitan, 2009). Berikut merupakan hasil kandungan paparan limbah artifisial logam Zn terhadap tanaman *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* selama 5 hari, 10 hari, 15 hari dan 20 hari dalam Gambar 4.6, 4.7, 4.8 dan 4.9 :



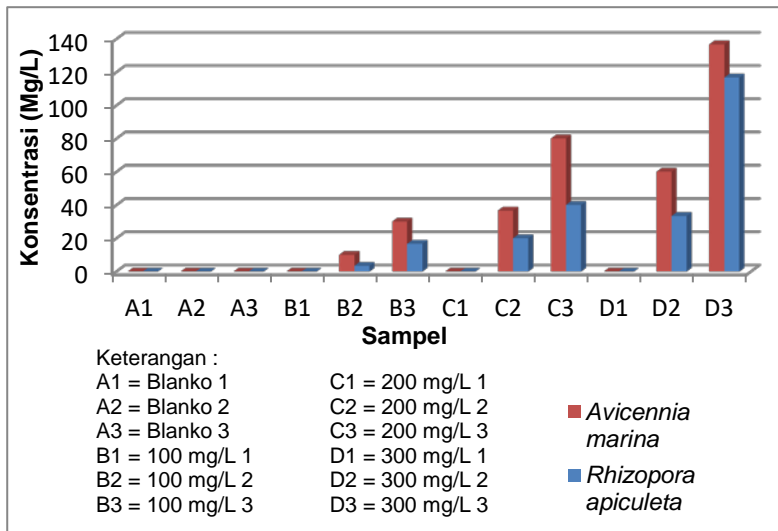
**Gambar 4. 6 Removal limbah artifisial logam Zn terhadap *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* pada hari ke – 5**



**Gambar 4. 7 Removal limbah artifisial logam Zn terhadap *Avicennia marina* dan *Rhizopora apiculeta* pada hari ke - 10**



**Gambar 4. 8 Removal limbah artifisial logam Zn terhadap *Avicennia marina* dan *Rhizopora apiculeta* pada hari ke - 15**

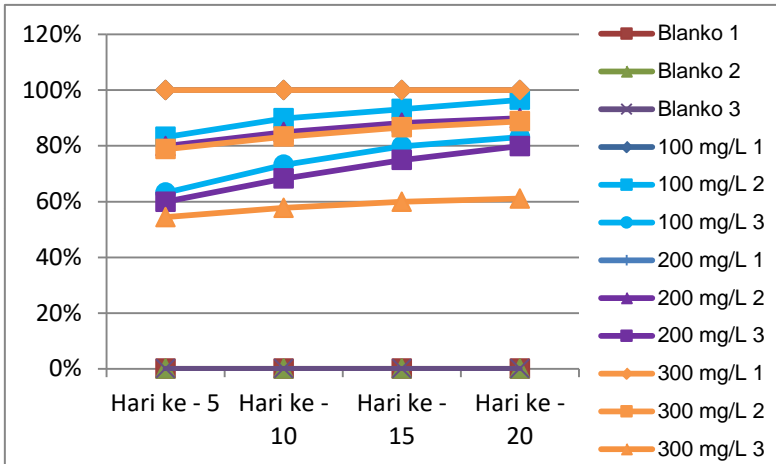


**Gambar 4. 9 Removal limbah artificial logam Zn terhadap *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculeta* pada hari ke - 20**

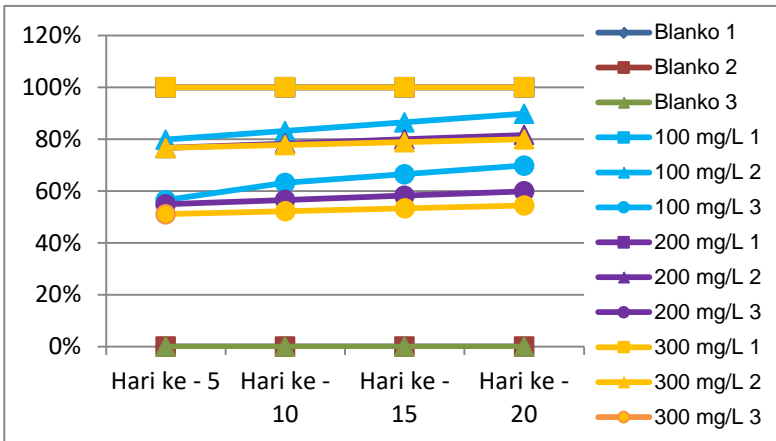
Hasil pengamatan di atas menunjukkan bahwasanya pada pengulangan pertama konsentrasi 100 mg/L, 200 mg/L maupun 300 mg/L menghasilkan 0 mg/L limbah logam Zn karena hanya diisi dengan air yang sesuai dengan pertumbuhan mangrove yang tidak terdapat limbah Zn. Sedangkan pada pengulangan kedua dan ketiga konsentrasi 100 mg/L, 200 mg/L dan 300 mg/L terdapat pengurangan yang signifikan dari masing – masing konsentrasi terutama pada pemaparan hari ke – 5. Pada gambar di atas dapat dilihat bahwasanya semakin banyak penambahan air yang sesuai pada pertumbuhan mangrove maka pengurangan limbah artificial logam Zn juga semakin banyak.

Kemampuan menyerap limbah artificial logam Zn pada tanaman mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculeta* semakin hari semakin menurun yang dapat dilihat pada gambar di atas. Kemudian juga kemampuan mangrove *Rhizophora apiculeta* dalam menyerap limbah artificial logam Zn lebih baik daripada *Avicennia marina*.

Setelah mengetahui kemampuan menyerap kedua mangrove dalam bentuk konsentrasi, didapatkan efisiensi removal masing-masing mangrove pada setiap 5 hari, 10 hari, 15 hari, 20 hari dalam bentuk presentase yang dapat dilihat pada Gambar 4.10, 4.11, :



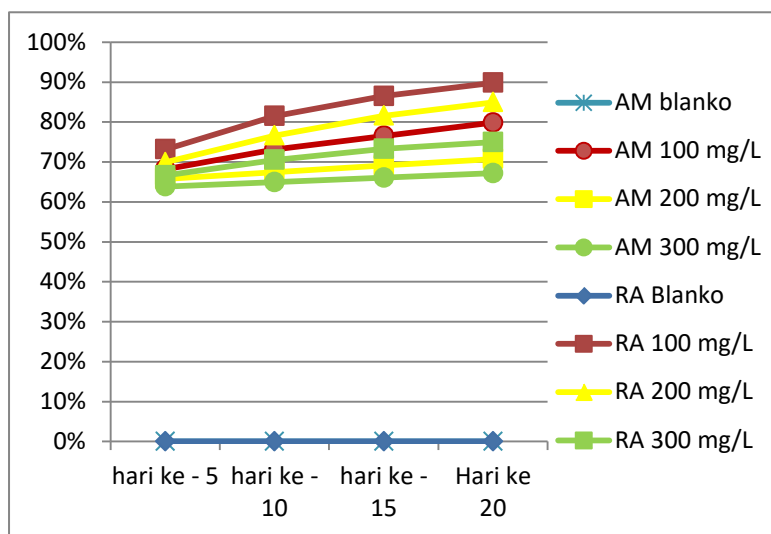
**Gambar 4. 10 Efisiensi removal tanaman *Rhizopora apiculata***



**Gambar 4. 11 Efisiensi removal tanaman *Avicennia marina***

Pada gambar di atas menunjukkan bahwasanya pada blanko efisiensi removal 0% dan pada pengulangan pertama konsentrasi 100 mg/L, 200 mg/L dan 300 mg/L yaitu 100%. Kemudian apabila penambahan air yang sesuai pertumbuhan mangrove semakin besar maka efisiensi removal pun semakin tinggi. Itu dapat dilihat dari pengulangan pertama yang ditambahkan 100% air yang sesuai dengan pertumbuhan mangrove, pengulangan kedua penambahan sebesar 75% dan pengulangan ketiga sebesar 50%. Efisiensi removal pada pengulangan pertama akan lebih besar dari pengulangan kedua dan ketiga. Sedangkan semakin konsentrasinya semakin besar maka efisiensi removal semakin kecil.

Kemudian dibawah ini akan ditampilkan rata – rata pada setiap konsentrasi pada hari ke – 5 hingga hari ke – 20 seperti Gambar 4.12.



**Gambar 4. 12 Rata – rata efisiensi removal *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata***



Pada gambar diatas dapat dijelaskan bahwa efisiensi removal terbesar pada kedua tanaman mangrove tersebut yaitu pada konsentrasi 100 mg/L dimana *Rhizophora apiculata* sebesar 89,83% sedangkan *Avicennia marina* sebesar 79,83% pada hari ke 20. Sedangkan pada konsentrasi 200 mg/L dan 300 mg/L mengalami penurunan efisiensi removal. Kemudian pada kedua tanaman mangrove tersebut, yang paling banyak meremoval logam artifisial logam Zn yaitu pada tanaman *Rhizophora apiculata*. Pada hari ke – 20, tanaman *Avicennia marina* mempunyai panjang akar sebesar 17,8 cm, panjang batang sebesar 62,6 cm dan panjang daun 8,8 cm. Sedangkan pada tanaman *Rhizophora apiculata* mempunyai panjang akar sebesar 7 cm, panjang batang sebesar 92 cm dan panjang daun 11,1 cm.

Tanaman yang mampu menyerap/mengakumulasi pencemar dalam tubuhnya disebutnya tanaman akumulator. Apabila kemampuan menyerapnya sebanyak 100 ppm (Widowati, dkk, 2008) dianggap tanaman hiperakumulator. Sehingga tanaman mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* merupakan tanaman yang potensial sebagai hiperakumulator. Seperti halnya tanaman akuatik lain yang digunakan dalam fitoremediasi (Tangahu, 2015).

Proses penyerapan logam berat Zn yang dilakukan oleh akar disebut rhizofiltrasi. Tanaman mengeluarkan senyawa organik dan enzim melalui akar yang disebut eksudat akar. sehingga daerah rhizosfer merupakan lingkungan yang sangat baik untuk tempat tumbuhnya mikroba dalam tanah. Mikroba tersebut akan mempercepat proses rhizofiltrasi. Logam dalam bentuk ion-ion logam dapat larut dalam lemak dan mampu melakukan penetrasi pada membran sel, sehingga ion logam akan terakumulasi di dalam sel dan jaringan. Logam dapat masuk dalam sel dan berikatan dengan enzim sebagai katalisator, sehingga reaksi kimia di sel akan terganggu. Gangguan dapat terjadi pada jaringan epidermis, sponsa dan palisade. Kerusakan tersebut dapat ditandai dengan nekrosis dan klorosis pada tanaman (Haryati, 2012).

Sebagai upaya untuk mencegah keracunan logam terhadap sel dan jaringan, tanaman mangrove mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di

dalam organ tertentu seperti akar (Priyanto dan Prayitno, 2004). Adanya akumulasi logam merupakan usaha lokalisasi yang dilakukan oleh tanaman mangrove dengan mengumpulkan dalam satu organ (Heriyanto dan Subiandono, 2011). Dalam sel tanaman logam melewati plasmalema, sitoplasma, dan vakuola, dimana logam akan dilokalisasi/terakumulasi dalam vakuola.

Dari hasil penelitian Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya diketahui bahwa tanaman mangrove memiliki pengaruh dalam penanggulangan materi toksik lain di antaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam tersebut. Hal ini pun berbanding lurus dengan hasil penelitian yang di dapat bahwasanya kedua tanaman mangrove dapat menyerap logam secara signifikan pada hari ke – 5 dan ini di akibatkan oleh presentase pengenceran pada penambahan nutrien air pada kedua tanaman mangrove dimana semakin besar presentase nutrien airnya, maka penyerapan logam melalui dilusi pun jadi semakin besar.

Mangrove adalah salah satu tanaman yang mampu beradaptasi dengan baik dalam lingkungan air, bahkan air payau maupun asin. Kemampuan berbagai spesies mangrove beradaptasi dengan lingkungan basah berbeda-beda. Spesies yang mendominasi adalah *Avicennia sp.*, *Sonneratia griffithii* dan *Rhizophora*, semua spesies dapat hidup tetapi yang mendominasi adalah *Rhizophora* (Knox, 2000). Tanaman yang tumbuh di air akan terganggu oleh bahan kimia toksik dalam limbah. Pengaruh polutan terhadap tanaman mangrove dapat berbeda tergantung pada macam polutan, konsentrasinya dan lamanya polutan itu berada (Baker, 1989). Sistem perakaran tanaman mangrove yang besar dan luas dapat menahan dan memantapkan sedimen tanah, sehingga mencegah tersebarnya bahan tercemar ke area yang lebih luas dan memungkinkan tersebarnya bahan pencemar secara fisik (Panjaitan, 2009).

Hal diatas berbanding lurus dengan hasil penelitian paparan logam Zn yang didapat bahwasanya efisiensi removal tertinggi terdapat pada tanaman mangrove *Rhizophora apiculata*. Tanaman tersebut mempunyai sistem perakaran yang lebih besar

dan luas daripada *Avicennia marina* pada umur yang sama. Kemudian juga konsentrasi dan lamanya pemaparan juga mempengaruhi efisiensi removal logam Zn, bahwasanya semakin tinggi konsentrasi maka kemampuan kedua mangrove tersebut semakin menurun. Dan semakin lama waktu pemaparan maka kemampuan kedua mangrove tersebut terhadap paparan logam Zn semakin berkurang. Kedua mangrove ini digunakan selama 20 hari yang di paparkan limbah artifisial logam Zn dimulai dari hari pertama hingga hari ke 20 dengan kondisi dan perlakuan yang sama.

#### 4.5 Analisa Suhu

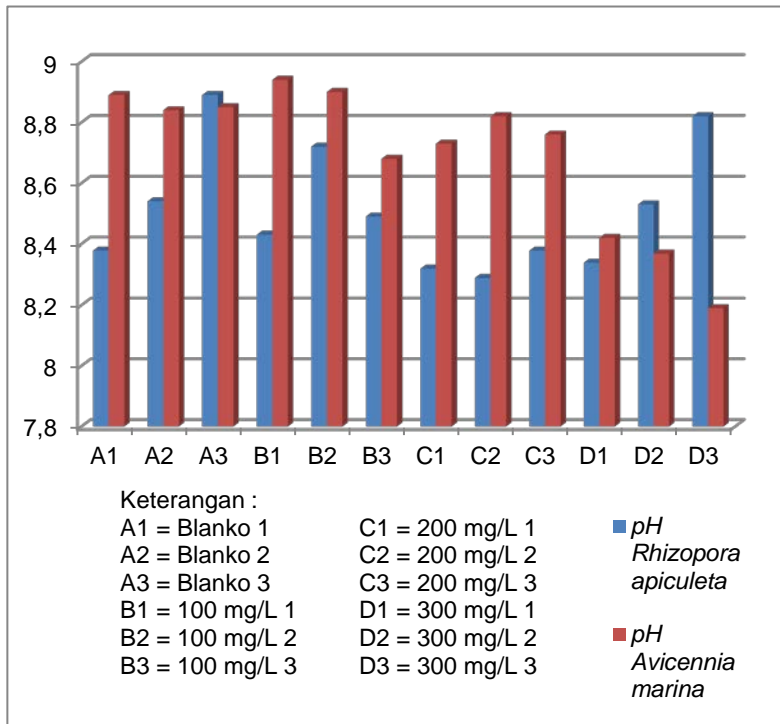
Analisa suhu dilakukan pada reaktor yang memasuki masa penelitian utama setelah *Range Finding Test* yang dilakukan selama 20 hari dan diambil selama 5 hari sekali. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan alat termometer. Suhu merupakan derajat atau tingkat panas. Pengukuran suhu bertujuan untuk mengetahui suhu dari limbah artifisial logam Zn pada setiap reaktor. Suhu mempunyai pengaruh yang besar terhadap proses pertukaran zat (metabolisme) pada makhluk hidup. (Permana, 2003).

Faktor lingkungan suhu semua reaktor berkisar 29 °C - 31°C selama 20 hari pada tanaman *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata*. Pada hari ke - 5 suhu kedua tanaman tersebut yaitu 30°C, hari ke - 10 yaitu 29 °C sedangkan pada hari ke - 15 dan 20 suhu kedua tanaman yaitu 30°C. Reaktor diletakkan di dalam *Green House* Jurusan Teknik Lingkungan ITS di luar laboratorium sehingga mempengaruhi cahaya matahari yang mengakibatkan tingginya suhu setiap reaktor. Di dalam *Green House* di pasang paranet agar matahari tidak mengenai tanaman secara langsung. Fluktuasi suhu ini dapat dipengaruhi oleh suhu lingkungan di lokasi. Suhu udara berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman karena adanya proses metabolisme tubuh tanaman. Pengukuran suhu dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan suhu pada air limbah artifisial selama 20 hari. Hutching dan Saenger, 1987 mengatakan bahwasanya kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan

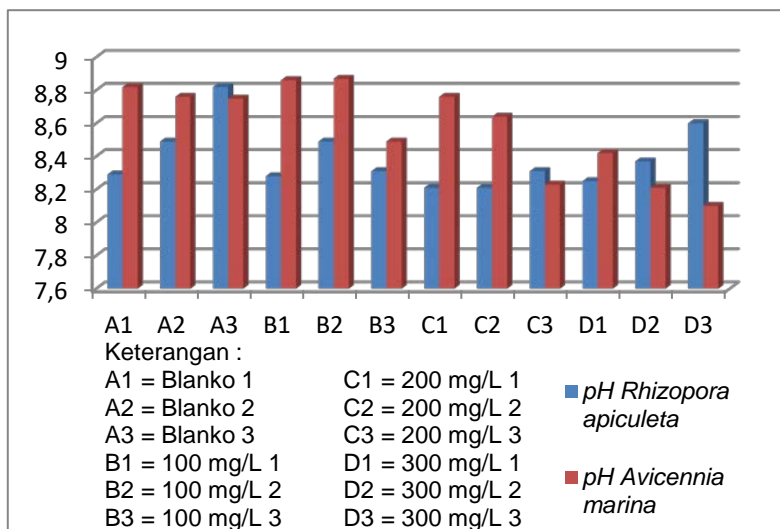
mangrove yaitu kisaran 26-30 °C. Hasil pengukuran suhu yang dilakukan pada tanaman *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* masih berada dalam rentang suhu tanaman yang pertumbuhannya dapat tumbuh dengan baik dan optimum.

#### 4.6 Analisa pH

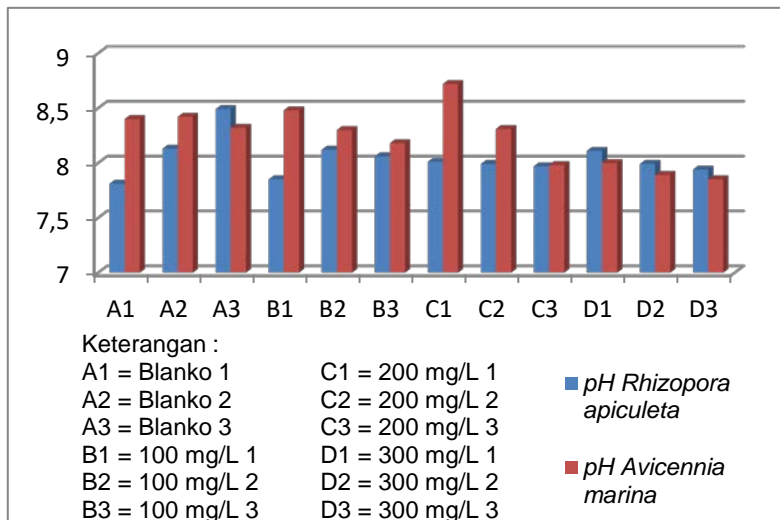
Pengukuran pH dilakukan pada reaktor yang memasuki masa penelitian utama setelah *Range Finding Test* yang dilakukan selama 20 hari dan diambil selama 5 hari sekali. Pengukuran pH diukur dengan menggunakan pH meter di dalam laboratorium. Hasil pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar 4.13, 4.14, 4.15, 4.16.



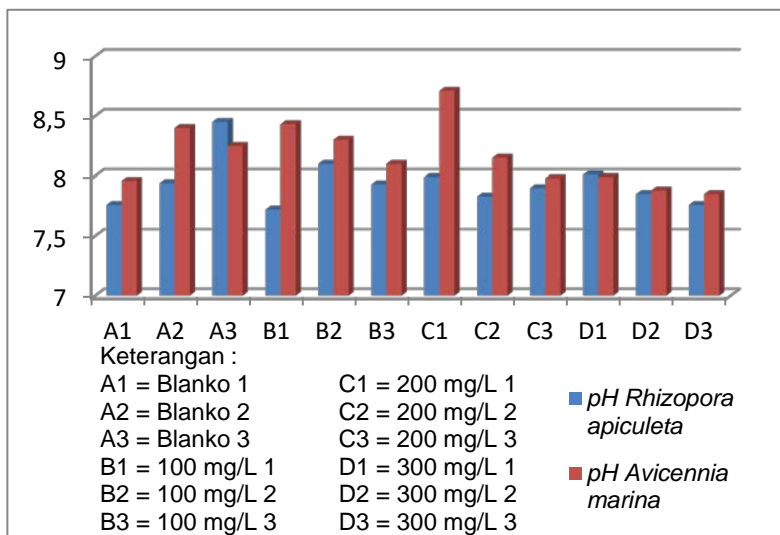
Gambar 4. 13 pH tanaman mangrove hari ke – 5



**Gambar 4. 14 pH tanaman mangrove hari ke – 10**



**Gambar 4. 15 pH tanaman mangrove hari ke - 15**



**Gambar 4. 16 pH tanaman mangrove hari ke - 20**

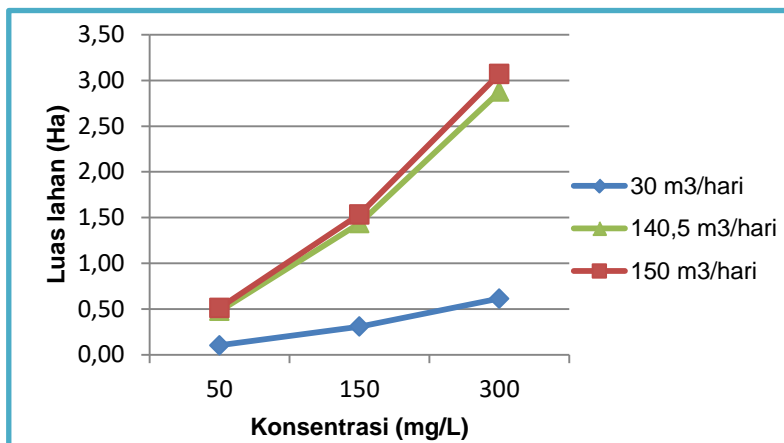
Nilai pH menunjukkan konsentrasi ion  $H^+$  dan ion  $OH^-$  pada limbah Zn. Semakin tinggi ion  $H^+$  menandakan bahwa limbah tersebut bersifat asam. Semakin tinggi ion  $OH^-$  menandakan bahwa limbah tersebut bersifat basa.

Hasil analisa pH menunjukkan bahwa pH pada air limbah artifisial Zn berfluktuasi pada kisaran 7,76-8,89 pada tanaman *Avicennia marina* sedangkan pada *Rhizopora apiculeta* kisaran 7,85-8,99. Nilai pH ke arah sedikit basa dikarenakan limbah artifisial tersebut merupakan senyawa  $ZnSO_4$  dimana merupakan senyawa yang sifatnya sedikit basa. Dari hari ke 5 hingga ke 20 yang artinya semakin lama waktu pemaparan, pH di masing-masing reaktor dari mulai blanko hingga paparan limbah artifisial Zn 300 mg/L menuju ke arah yang semakin turun pHnya atau ke arah yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan terjadi proses respirasi tanaman yang menghasilkan  $CO_2$  yang dapat menurunkan nilai pH. Hal ini terjadi karena  $CO_2$  yang dikeluarkan tanaman dari hasil respirasi dimanfaatkan kembali untuk proses fotosintesis sehingga akan menggeser keseimbangan ke arah

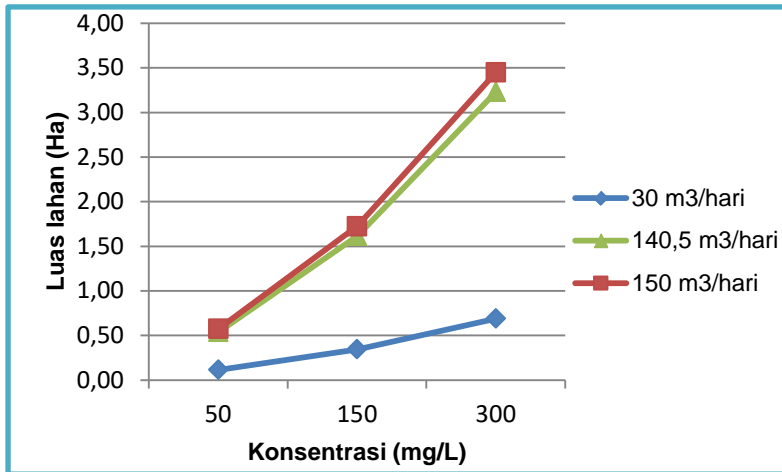
kanan yang berarti ada pengurangan ion  $H^+$  (asam) pada limbah artifisial Zn. Menurut Pratama, 2015, pH optimum  $Zn^{2+}$  yang teradsorpsi terjadi pada pH 6 dan 7. Hal ini berbanding lurus dengan kondisi real yang terdapat pada limbah industri elektroplating bahwasanya pH dalam industri tersebut sebesar 6. Hasil analisis pH didapatkan dengan kisaran pH 7,85-8,99, walaupun tidak optimum tetapi tanaman *Avicennia marina* dan *Rhizopora apiculeta* masih dapat tumbuh dengan baik dan menyerap limbah artifisial dengan baik dalam jangka waktu 20 hari.

#### 4.7 Aplikasi Tanaman Mangrove

Aplikasi tanaman mangrove digunakan sebagai metode pengolahan air limbah dimana tanaman mangrove sebagai media penyerap bahan yang terkandung dalam air limbah. Mangrove dapat berfungsi untuk menyerap bahan anorganik sehingga dapat dijadikan bioindikator logam berat (Wittig, 1993). Aplikasi tanaman mangrove digunakan untuk melihat seberapa besar pengaruh debit dan konsentrasi terhadap luas lahan yang dibutuhkan seperti pada Gambar 4.16 dan 4.17



Gambar 4. 17 Hubungan debit dan konsentrasi terhadap luas lahan pada tanaman *Rhizopora apiculeta*



**Gambar 4. 18 Hubungan debit dan konsentrasi terhadap luas lahan pada tanaman *Avicennia marina***

Pada Gambar 4.16 dapat dijelaskan bahwasanya pada tanaman mangrove *Rhizophora apiculata* dengan debit 30 m<sup>3</sup>/hari dengan konsentrasi 50 mg/L dibutuhkan luas lahan 0,10 ha, sedangkan dengan konsentrasi 150 mg/L luas lahan yang dibutuhkan sebesar 0,31 ha dan konsentrasi 300 mg/L dibutuhkan 0,61 ha. Sedangkan pada debit 140,5 m<sup>3</sup>/hari dengan konsentrasi 50 mg/L dibutuhkan 0,48 ha, konsentrasi 150 mg/L dibutuhkan 1,44 ha dan pada konsentrasi 300 mg/L dibutuhkan 2,88 ha. Pada debit 150 m<sup>3</sup>/hari dengan konsentrasi 50 mg/L dibutuhkan 0,51 ha, konsentrasi 150 mg/L dibutuhkan 1,54 ha dan pada konsentrasi 300 mg/L dibutuhkan 3,07 ha.

Sedangkan pada Gambar 4.17 bahwasanya tanaman mangrove jenis *Avicennia marina* dengan debit 30 m<sup>3</sup>/hari pada konsentrasi 50 mg/L dibutuhkan 0,11 ha, konsentrasi 150 mg/L dibutuhkan luas lahan sebesar 0,34 ha dan konsentrasi 300 mg/L sebesar 0,69 ha. Pada debit 140,5 m<sup>3</sup>/hari dengan konsentrasi 50 mg/L dibutuhkan 0,54 ha, , konsentrasi 150 mg/L dibutuhkan 1,61 ha dan konsentrasi 300 mg/L sebesar 3,23 ha. Sedangkan pada debit 150 m<sup>3</sup>/hari dengan konsentrasi 50 mg/L dibutuhkan luas



lahan sebesar 0,57 ha, konsentrasi 150 mg/L dibutuhkan 1,72 ha dan konsentrasi 300 mg/L dibutuhkan 3,45 ha. Kebutuhan luas di atas dengan menggunakan kedalaman 1 m dimana ketinggian air sekitar 10-15 cm diatas permukaan tanah dan perlu menghitung tegakkan tanamannya juga.

Data diatas menunjukkan bahwasanya semakin tinggi konsentrasi dan juga semakin tinggi debit limbah maka semakin besar pula luas lahan yang dibutuhkan. Sedangkan data debit didapatkan dari debit limbah industri elektroplating berdasarkan Laporan Pelaksanaan Program Kali Bersih Bapedalda Provinsi Jawa Timur, 1998 dimana debit ini bisa digunakan untuk sistem kontinyu. Sistem kontinyu adalah suatu kondisi dimana sebuah penelitian memakai debit aliran yang mengalir dalam waktu detensi tertentu. Data diatas tanpa memperhatikan jumlah nutrien yang dibutuhkan oleh kedua tanaman mangrove sehingga kedepannya jumlah nutrien dapat diperhatikan agar efisiensi mangrove dapat lebih meningkat. Tanaman *Avicennia marina* lebih memerlukan luas lahan yang lebih dibandingkan *Rhizophora apiculata* pada kondisi debit dan konsentrasi yang sama, hal ini dikarenakan efisiensi mangrove tanaman *Rhizophora apiculata* lebih baik dibandingkan *Avicennia marina*.

#### **4.8 Uji Signifikansi**

Uji signifikansi adalah uji statistik yang bertujuan untuk mengetahui signifikansi setiap variabel dalam penelitian ini. Uji ini juga berfungsi untuk mengetahui keterkaitan satu variabel dengan variabel lain. Uji signifikansi dalam penelitian ini menggunakan software minitab. Dalam penelitian ini, hasil analisa parameter utama berupa analisis logam Zn diuji signifikansinya. Hasil uji signifikansi ini akan menunjukkan apakah variabel tanaman mangrove dan konsentrasi berpengaruh signifikan atau tidak terhadap efisiensi removal logam Zn.

Pengaruh yang signifikan ditunjukkan dengan nilai P-value yang lebih kecil dari 0,05 ( $P\text{-value} < 0,05$ ). Nilai  $P\text{-Value} < 0,05$  menunjukkan bahwa variabel tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap efisiensi removal logam Zn. Sebaliknya, jika

nilai P-value > 0,05 maka variabel tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap efisiensi removal logam Zn. Hasil uji signifikansi disajikan pada tabel 4.1 :

**Tabel 4. 1 Hasil Uji Signifikansi**

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Jenis tumbuhan	1	0,0226	0,0226	0,02268	5,01	0,042
Konsentrasi	2	0,3119	0,3119	0,15596	34,4	6,7E-07
Error	14	0,0633	0,0633	0,00452		
Total	17	0,3979				

Dari tabel di atas dihasilkan bahwasanya variabel jenis tanaman dan konsentrasi mendapatkan nilai P-value masing-masing yaitu 0,042 dan  $6,7 \times 10^{-7}$  dimana nilai kedua tersebut berada pada rentang dibawah 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwasanya variabel jenis tanaman dan konsentrasi berpengaruh signifikan terhadap efisiensi removal logam Zn.

Perbedaan penggunaan uji *Range Finding Test* dan uji Signifikansi yaitu untuk uji Range Finding Test dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tanaman mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculeta* dalam menyerap polutan logam Zn pada konsentrasi tertentu. Sedangkan uji Signifikansi yaitu untuk mengetahui apakah variabel yang digunakan yaitu tumbuhan mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculeta* dan juga variabel konsentrasi dapat berpengaruh signifikan terhadap removal logam Zn atau tidak. Uji Signifikansi tidak akan dilakukan tanpa uji *Range Finding Test* terlebih dahulu karena berpengaruh pada variabel konsentrasi yang didapat setelah uji tersebut.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Efisiensi removal mangrove *Avicennia marina* terhadap limbah artifisial logam Zn pada konsentrasi 100 mg/L yaitu 79,83%. Sedangkan pada konsentrasi 200 mg/L sebesar 70,75%. Kemudian pada konsentrasi 300 mg/L sebesar 67,17%.
2. Efisiensi removal mangrove *Rhizophora apiculeta* terhadap limbah artifisial logam Zn pada konsentrasi 100 mg/L yaitu 89,83%. Sedangkan pada konsentrasi 200 mg/L sebesar 84,92%. Kemudian pada konsentrasi 300 mg/L sebesar 74,94%.
3. Tanaman mangrove *Rhizophora apiculeta* mempunyai efisiensi removal yang lebih baik dengan nilai 89,83% pada konsentrasi 100 mg/L dibandingkan *Avicennia marina* dengan nilai 79,83%.

#### **5.2 Saran**

1. Untuk aplikasi reduksi logam Zn oleh tanaman mangrove perlu memperhatikan konsentrasi dan debit limbah cair industri yang berpengaruh terhadap luas lahan.
2. Sebaiknya di laksanakan penelitian lanjutan dengan sistem continue dengan memperhatikan jumlah tanaman per hektar untuk memperoleh efisiensi reduksi logam Zn yang optimum dan jumlah nutrien yang dibutuhkan per satuan waktu.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

- Arisandi, P. 2008. **Bioakumulasi logam berat dalam pohon bakau (*Rhizophora mucronata* Bl.) dan pohon api-api (*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. Rob.).** <URL:[http://tech.group.yahoo.com/burungpemangsa\\_Indonesia.html](http://tech.group.yahoo.com/burungpemangsa_Indonesia.html)> Diakses tanggal 1 Januari 2017, jam 10.30 WIB.
- Baker, A. J. M. 1989. Terrestrial Higher Plants Which Hyper Accumulate Metallic Elements-A Review of Their Distribution, Ecology and Distribution. **Jurnal of Biorecovery** 1,81-126.
- Laporan Pelaksanaan Program Kali Bersih Bapedalda Jawa Timur.1998**
- Bhattacharya A. K., Mandal, S. N., Das, S. K. 2006. Adsorption of Zn (II) from Aqueous Solution by Using Different Adsorbents. **Journal of Chemical Engineering** 123; 43 – 51.
- Besser, J. M. dan Rabeni, C. F. 1987. Bioavailability and Toxicity of Metals Leached from Leadmine Tailings to Aquatic Invertebrates. **Journal of Environmental Toxicology and Chemistry** 6, (11), 879-890
- Bissel, D. 1996. **Statistical Method For SPC and TQM.** Chapman & Hall, London, UK.
- Dahuri, R., 2003, **Keanekaragaman Hayati Laut. Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia**, Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Eddy, N. O., Odoemelam, S. A., dan Mbaba, A. J. 2008. Elemental Composition of Soil in Some Dumpsites. **Journal of Environmental Agricultural Food Chemistry** 5(3), 1349-1363

- Gerhardt, A., Janssens, D. B. L., dan Soares, A. M. V. M. 2004. Macroinvertebrate Response to Acid Mine Drainage; Community Metrics and On-line Behavioural Toxicity Bioassay. **Journal of Environmental Pollution** 130 (2), 263-274
- Hadi, Atok. 2016. Karakteristik Morfo-anatomi Struktur Vegetatif Spesies *Rhizopora Apiculata* (Rhizoporaceae). **Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan** Volume: 1 Nomor: 9 Bulan September Tahun 2016 Halaman: 1688—1692
- Handayani, T. 2006. Bioakumulasi Logam Berat dalam Mangrove *Rhizopora mucronata* dan *Avicennia marina* di Muara Angke Jakarta. **Balai Teknologi Lingkungan**.
- Haryati, M. 2012. Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava* (L.) Buch) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan yang Berbeda. **Lateral Bio**, 1 (3).
- Halidah dan Kusmana, H. 2013. Penyebaran alami *Avicennia marina* (Forsk) Vierh dan *Sonneratia Alba* Smith pada Substrat pasir di Desa Tiwoho, Sulawesi Utara. **Indonesian Rehabilitation Forest Journal**, 1 (1) 51-58. Bogor.
- Heriyanto, N. M. 2011. Kandungan Logam Berat Pada Tumbuhan Tanah, Air, Ikan dan Udang di Hutan Mangrove. **Jurnal Konservasi dan Rehabilitasi**.
- Heriyanto, N. M. & Subiandono, E. 2011. Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb dan Cu) oleh Jenis-Jenis Mangrove. **Pusat Litbang Konservasi dan Rehabilitasi**.
- Hidayati, N. 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tanaman Hiperakumulator. **Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor**, 12, 35-40.

- Hutchings, P. Dan Saenger, P. 1987. Ecology of Mangrove Aust, Eco. Series. **University of Queensland Press St Lucia Quesland.**
- Irwanto. 2006. **Keanekaragaman Fauna pada Habitat Mangrove.** Yogyakarta.
- Istiyono, E. 2008. Pengolahan Limbah Industri Penyepuhan Logam Perak (Elektroplating) di Lingkungan Pengrajin Perak Kecamatan Kotagede. **Jurnal FMIPA dan PGSD FIP Universitas Negeri Yogyakarta**, Vol. 12 No. 2 Oktober 2008 : 184 – 192
- Kariada, N. T. M dan Irsadi, A. 2014. Peranan Mangrove Sebagai Biofilter Pencemaran Air Wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang. **Jurnal Manusia dan Lingkungan**
- Knox, A. S. 2000. Chemostabilization of Metals in Contaminated Soils. **Newyork: Marcek Dekker Inc.**
- Li, Y. Yue, Q. dan Gao, B. 2010. Adsorption Kinetics and Desorption of Cu(II) and Zn(II) from Aqueous Solution onto Humic Acid. **Journal of Hazardous Material** 178;455-461
- MacFarlane G. R., Pulkownik A., dan Burchett M.D., 2003. Accumulation and Distribution of Heavy Metals in the Grey Mangrove, *Avicennia marina* (Forsk) Vierh: **Biological Indication Potential. Environ Pollut.**123(1):139-51.
- Mamzic, C. L. 1995. Introduction to Statistical Process Control. **Instrument Society of America 1-58.**
- Marwati, S., Padmaningrum, R. T. dan Marfuatun. 2009. Pemanfaatan Ion Logam Berat Tembaga (II), Kromium (III), Timbal (II), dan Seng (II) dalam Limbah Cair Industri Electroplating untuk Pelapisan Logam Besi. **Jurnal**

- Penelitian Saintek**, Vol. 14, No. 1: 17 – 40. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Meena, A. K., Mishra, G. K., dan Rai, P. K. 2005. Removal of Heavy Metal Ions from Aqueous Solution using Carbon Aerogel as an Adsorbent. **Journal of Hazardous Materials**, 122, 161 – 170.
- Noor, Y. R., Khazali, M., dan Suryadiputra, I. N. N. 2006. **Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia**. PHKA/WI-IP. Bogor
- Nuttall, C. A. Dan Younger P. L. 1999. Zinc Removal from Hard, acidic – Neutral Mine Waters Using a Novel Closed – Bed Limestone Reactor. **Journal of Water Research** 344 : 1262-1268
- Octarina, E. 2015. **Uji Penurunan kandungan BOD dan COD pada Limbah Cair Industri Batik menggunakan *Scirpus grossus* dan *Egeria densa***. Tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Palar, H. 1994. **Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat**. Jakarta : Rineka Cipta
- Panjaitan, G. S., Dalimunthe, A., dan Yunasfi. 2008. **Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Pada Pohon *Avicennia marina* di Hutan Mangrove**. Skripsi Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya.**
- Permana, D. 2003. Keanekaragaman Makrobentos di Bendungan Bapang dan Bendungan Ngablabaan Sragen. Surakarta: **Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret.**



- Pratama, R. I., M. Y. Awaluddin, dan S. Ishmayana. 2011. Analisis lebih komposisi. **Jurnal Akuatika**. 2 (2) : 1-11.
- Priyanto B., & Prayitno, J. 2004. Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khusus Logam Berat. **Jurnal Informasi Fitoremediasi**
- Rahayu, I. D. 2008. Produksi Antibiotik Alami Hasil Isolasi Aloe barbadensis Miller :Penanggulangan Mastitis pada Sapi Perah. **Laporan Penelitian Hibah**
- Rina. 2010. Kemampuan Tanaman Mangrove Untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb). **Universitas Pembangunan Nasionan “Veteran” Jawa Timur**.
- Rinawati. N. D., 2011. **Daya Antibakteri Tanaman Majapahit (*Crescentia cujete* L.) Terhadap Bakteri *Vibrio Alginolyticus***. Tugas Akhir Program Studi Biologi ITS. Surabaya.
- Roekmijati. 2002. Presipitasi Bertahap Logam Berat Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Larutan Kaustik Sod. **Jurnal Kimia Lingkungan. Jakarta : Universitas Indonesia**
- Rohaeti, E., Batubara, I., Lieke, A., dan Darusman, LK. 2010. Potensi Ekstrak *Rhizophora* sp. Sebagai Inhibitor Tirosinase. **Prosiding Seminar Nasional Sains III**. IPB. Bogor.
- Said, A dan Smith, M.A.K. 1997. Proyek Rehabilitasi dan Pengelolaan Mangrove di Sulawesi: Ekonomi Sumberdaya. Laporan Akhir. **Direktorat jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan dan Asian Development Bank**. Jakarta.
- Sari, D. K. 2008. **Penapisan Antibakteri dan Inhibitor *Topoisomerase I* dari *Xylocarpus granatum***. Tesis. ITB. Bogor

- Satriyono, Agus. 2009. **Mangrove Hidup di Air Tawar**.  
<URL;<https://asatrio.wordpress.com/2009/07/14/mangrove-hidup-di-air-tawar/html>>
- Setyawan, A. D., Susilowati, A., dan Sutarno. 2002. **Biodiversitas Genetik, Spesies dan Ekosistem Mangrove Di Jawa. Petunjuk Praktikum Biodiversitas; Studi Kasus Mangrove. Penerbit Kelompok Kerja Biodiversitas Jurusan Biologi FMIPA. UNS. Surakarta**
- Soemirat, J. 2003. **Toksikologi Lingkungan**. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sugiyarto, K. H., & Suyanti R. D. 2010. **Kimia Anorganik Logam**. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Sukardjo & Sukristijono. 1984. Ekosistem Mangrove. **Oseana**. Volume IX (4): 102- 115.
- Sumada, K. 2006. Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Elektroplating yang Efisien. **Jurnal Teknik Kimia** Vol 1 No 1. Surabaya : UPN Veteran Jawa Timur
- Tangahu, B. V. 2015. Comparison of Single Plant And Combined Plants Using Reedbed System In Treating Batik Industry Wastewater. **International Postgraduate Conference on Biotechnology**.
- Tham, M. T. 2001. **An Introduction to SPC**. Accademic Process. California
- Trianto, A., Wibowo, E. S., dan Sapta, R. 2004. Ekstrak 5 daun mangrove *Aegiceras corbiculatum* sebagai antibakteri *Vibrio harveyi* dan *vibrio parahaemolyticus*. **Ilmu kelautan** 9(4):186-189.
- Tomlinson, P. B. 1986. **The Botany of Mangroves**. Cambridge University Press.

- Vogel. 1990. **Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimakro**. Jakarta; PT Kalman Media Pustaka
- Widowati, W. 2008. **Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran**. Yogyakarta, Indonesia: Penerbit ANDI
- Wittig, R. 1993. General aspects of biomonitoring heavy metals by plants. Di dalam: *Markert, B. (ed).* Plants as Biomonitors. **Journal for Heavy Metals in the Terrestrial Environment**. New York
- Zhang, Y., Li, Y. F., Yang, L., Ma, Q. X. J., Wang L., dan Ye, Z.F. 2010. Characterization and Adsorption Mechanism of  $Zn^{2+}$  by PVA / EDTA Resin in Polluted Water. **Journal of Hazardous Materials** 178 : 1046 – 1054.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LAMPIRAN A SKEMA KERJA

### 1. Cara uji seng (Zn) dengan Spektrofotometri UV-VIS berdasarkan SNI 06-6989.7-2004

#### A. Bahan

- a) Air aquadest
- b) Asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) pekat p.a.
- c) Logam seng (Zn) dengan kemurnian 99,9 %.
- d) Larutan pengencer  $\text{HNO}_3$  0,05 M  
Larutkan 3,5 mL  $\text{HNO}_3$  pekat ke dalam 1000 mL air bebas mineral dalam gelas piala.
- e) Larutan pencuci  $\text{HNO}_3$  5% (v/v).  
Tambahkan 50 mL asam nitrat pekat ke dalam 800 mL air bebas mineral dalam gelas piala 1000 mL, lalu tambahkan air bebas mineral hingga 1000 mL dan homogenkan.
- f) Larutan kalsium.  
Larutkan 630 mg kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dalam 50 mL  $\text{HCl}$  (1+5). Bila perlu larutan dididihkan untuk menyempurnakan larutan. Dinginkan dan encerkan dengan air bebas mineral hingga 1 liter.

#### B. Peralatan

- a) Spektrofotometer UV-VIS
- b) Beaker glass 100 mL dan 250 mL.
- c) Pipet volumetrik 10,0 mL dan 50,0 mL
- d) Labu ukur 50 mL; 100 mL dan 1000 mL
- e) Erlenmeyer 100 mL
- f) Corong gelas
- g) Kaca arloji
- h) Pemanas listrik
- i) Seperangkat alat saring vakum
- j) Saringan membran dengan ukuran pori 0,45  $\mu\text{m}$
- k) Timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 g
- l) Labu semprot

**2. Pembuatan larutan baku Zn (II) 1000 ppm**

- A. Timbang  $\pm 2,469$  g  $\text{ZnSO}_4$  ke dalam labu ukur 1000 mL
- B. Tambahkan 20 mL HCl pekat hingga larut
- C. Tambahkan air aquadest hingga tepat tanda tera, lalu homogenkan
- D. Hitung kadar seng berdasarkan hasil penimbangan

**3. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 20 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 2 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**4. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 40 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 4 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**5. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 50 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 5 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**6. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 60 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 6 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**7. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 80 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 8 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**8. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 100 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 10 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**9. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 120 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 12 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**10. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 140 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 14 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**11. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 150 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 15 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**12. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 160 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 16 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**13. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 180 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 18 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**14. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 200 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 20 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**15. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 220 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 22 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**16. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 240 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 24 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan



**17. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 250 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 25 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**18. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 260 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 26 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**19. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 280 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 28 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**20. Pembuatan larutan kerja Zn (II) 300 ppm**

- A. Pipet larutan Zn 1000 ppm sebanyak 30 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas, lalu homogenkan

**21. Pembuatan larutan Phenanthroline 100 ppm**

- A. Timbang  $\pm$  serbuk phenantroline sebanyak 0,1 g dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL
- B. Tambahkan dengan aquadest hingga tanda batas tera.
- C. Larutan dikocok sampai homogen.

## **22. Pembuatan larutan Buffer Asetate pH 3**

- A. Timbang  $\pm$  serbuk natrium asetat 3,97 gram pada beaker glass dan dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL
- B. Tambahkan 5 mL asam glasial
- C. Tambahkan dengan aquadest hingga tanda batas tera
- D. Larutan dikocok hingga homogen

## **23. Penentuan panjang gelombang optimum 50 ppm**

- A. Larutan baku Zn 50 ppm sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.
- B. Tambahkan 5 mL larutan phenanthroline 100 ppm
- C. Tambahkan 5 mL larutan buffer asetat dengan pH 3.
- D. Larutan diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas.
- E. Larutan dikocok dan dibiarkan selama 10 menit.
- F. Larutan diukur absorbansinya pada rentang panjang gelombang 435 - 480 nm.

## **24. Penentuan panjang gelombang optimum 150 ppm**

- A. Larutan baku Zn 150 ppm sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.
- B. Tambahkan 20 mL larutan phenanthroline 100 ppm
- C. Tambahkan 20 mL larutan buffer asetat dengan pH 3.
- D. Larutan diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas.
- E. Larutan dikocok dan dibiarkan selama 10 menit.
- F. Larutan diukur absorbansinya pada rentang panjang gelombang 435 - 480 nm.

## **25. Penentuan panjang gelombang optimum 250 ppm**

- A. Larutan baku Zn 250 ppm sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.
- B. Tambahkan 20 mL larutan phenanthroline 100 ppm
- C. Tambahkan 20 mL larutan buffer asetat dengan pH 3.
- D. Larutan diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas.
- E. Larutan dikocok dan dibiarkan selama 10 menit.
- F. Larutan diukur absorbansinya pada rentang panjang gelombang 435 - 480 nm.

## **26. Pembuatan kurva kalibrasi 0 – 100 ppm**

- A. Siapkan larutan baku Zn 20 ; 40 ; 60 ; 80 ;100 ppm sebanyak 10 ml masing-masing dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan 20 mL larutan phenanthroline 100 ppm
- C. Tambahkan 20 mL larutan buffer asetat pH 3.
- D. Larutan selanjutnya diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas.
- E. Larutan dikocok dan dibiarkan 10 menit.
- F. Larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang optimum.

## **27. Pembuatan kurva kalibrasi 120 – 200 ppm**

- A. Siapkan larutan baku Zn 120 ; 140 ; 160 ; 180 ;200 ppm sebanyak 10 ml masing-masing dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan 20 mL larutan phenanthroline 100 ppm
- C. Tambahkan 20 mL larutan buffer asetat pH 3.
- D. Larutan selanjutnya diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas.
- E. Larutan dikocok dan dibiarkan 10 menit.
- F. Larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang optimum.

## **28. Pembuatan kurva kalibrasi 220 – 300 ppm**

- A. Siapkan larutan baku Zn 220 ; 240 ; 260 ; 280 ;300 ppm sebanyak 10 ml masing-masing dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- B. Tambahkan 20 mL larutan phenanthroline 100 ppm
- C. Tambahkan 20 mL larutan buffer asetat pH 3.
- D. Larutan selanjutnya diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas.
- E. Larutan dikocok dan dibiarkan 10 menit.
- F. Larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang optimum.

## **29. Penentuan kadar Zn dalam larutan sampel artifisial $\text{ZnSO}_4$**

- A. Pipet sampel sebanyak 5 mL ke dalam labu ukur 25 mL
- B. Tambahkan larutan phenanthroline 100 ppm sebanyak 5 mL
- C. Tambahkan larutan buffer asetat pH 3 sebanyak 5 mL
- D. Larutan diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas
- E. Kemudian larutan dikocok dan dibiarkan selama 10 menit
- F. Larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum

## **30. Prosedur Pembuatan Control Chart menurut QC 7 tool:**

- A. Pilih jenis control chart yang sesuai untuk data yang kita ambil.
- B. Tentukan waktu atau periode pengambilan data, sampling plan dan jumlah data yang diinginkan.
- C. Pengumpulan data dan rekam (record) data tersebut, setidaknya 20 sampai 30 subgroup.

- D. Hitunglah masing-masing data statistik subgroup, buatlah tabel tabulasi untuk mempermudah perhitungan Rata-rata ( $\bar{X}$ ), Rata-rata  $\bar{X}$  ( $\bar{X}$ -bar), Range (R) dan rata-rata Range ( $\bar{R}$ -bar).
- E. Identifikasikan skala yang tepat dan cocok kemudian masukkan kedalam data statistik.
- F. Hitunglah garis tengah dan batas control (control limit) untuk UCL dan LCL sesuai dengan rumus masing-masing control chart.
- G. Ujilah Chart yang telah dimasukkan data tersebut.
- H. Lakukanlah investigasi dan tindakan perbaikan jika diperlukan.

### **31. Analisa pH**

Analisa pH dilakukan menggunakan pH meter, dengan cara sebagai berikut:

- A. Standarisasi pH meter menggunakan larutan buffer pH = 4,7 dan 10 (Standarisasi awal).
- B. Ambil sampel, letakkan dalam beaker glass.
- C. Ukur menggunakan pH meter.

### **32. Analisa suhu**

Analisa suhu dilakukan menggunakan termometer, dengan cara sebagai berikut:

- A. Stabilkan thermometer sampai suhu stabil dengan ruangan
- B. Ukur menggunakan thermometer dengan memasukkan termometer selama 5 menit ke dalam reaktor

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LAMPIRAN B CARA PEMBUATAN LARUTAN

### 1. Penimbangan larutan standart Zn (II) 1000 ppm

Pembuatan larutan standart Zn (II) 1000 ppm dibuat melalui proses penimbangan serbuk  $\text{ZnSO}_4$  dengan perhitungan dibawah ini :

$$\text{Zn}^{2+} 1000 \text{ ppm} = \frac{Mr\text{ZnSO}_4}{Ar\text{ZnSO}_4} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ L}}$$

$$\text{Zn}^{2+} 1000 \text{ ppm} = \frac{161,4426}{65,38} \times \frac{1000\text{mg}}{1 \text{ L}}$$

$$\text{Zn}^{2+} 1000 \text{ ppm} = 2.469,29 \text{ mg}$$

### 2. Pengenceran larutan standart Zn (II) 1000 ppm

Pembuatan larutan Zn (II) dengan konsentrasi 20 ; 40 ; 60 ; 80 ; 100 ; 120 ; 140 ; 160 ; 180 ; 200 ; 220 ; 240 ; 260 ; 280 ; 300 mg/L dibuat melalui proses pengenceran dari larutan standart Zn (II) 1000 ppm dengan perhitungan dibawah ini :

#### a. Larutan Zn (II) 20 mg/L

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 20 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

#### b. Larutan Zn (II) 40 mg/L

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 40 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 4 \text{ mL}$$

**c. Larutan Zn (II) 60 mg/L**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 60 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

**d. Larutan Zn (II) 80 mg/L**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 80 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 8 \text{ mL}$$

**e. Larutan Zn (II) 100 mg/L**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 100 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

**f. Larutan Zn (II) 120 mg/L**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 120 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 12 \text{ mL}$$

**g. Larutan Zn (II) 140 mg/L**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 140 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 14 \text{ mL}$$



**h. Larutan Zn (II) 160 mg/L**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 160 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 16 \text{ mL}$$

**i. Larutan Zn (II) 180 mg/L**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 180 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 18 \text{ mL}$$

**j. Larutan Zn (II) 200 mg/L**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 200 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 20 \text{ mL}$$

**k. Larutan Zn (II) 220 mg/L**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 220 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 22 \text{ mL}$$

**l. Larutan Zn (II) 240 mg/L**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 240 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 24 \text{ mL}$$

**m. Larutan Zn (II) 260 mg/L**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 260 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 26 \text{ mL}$$

**n. Larutan Zn (II) 280 mg/L**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 280 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 28 \text{ mL}$$

**o. Larutan Zn (II) 300 mg/L**

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 300 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 30 \text{ mL}$$

## LAMPIRAN C DATA HASIL PENGAMATAN

### 1. Panjang gelombang maksimum 50 ppm

Tabel L.C. 1 Data pengamatan panjang gelombang maksimum 50 ppm

Panjang Gelombang	Absorbansi
435	0,004
445	0,005
465	0,004
475	0,004
480	0,004
436	0,007
437	0,008
438	0,007
439	0,006
440	0,008
441	0,007
442	0,006
443	0,009
444	0,01
446	0,005
447	0,004
448	0,005
449	0,006
450	0,004
451	0,005
452	0,004
453	0,004
454	0,004

## 2. Panjang gelombang maksimum 150 ppm

**Tabel L.C. 2 Data pengamatan panjang gelombang maksimum 150 ppm**

Panjang Gelombang	Absorbansi
435	0,036
445	0,04
465	0,034
475	0,036
480	0,035
436	0,036
437	0,036
438	0,035
439	0,034
440	0,037
441	0,036
442	0,038
443	0,038
444	0,04

### 3. Panjang gelombang maksimum 250 ppm

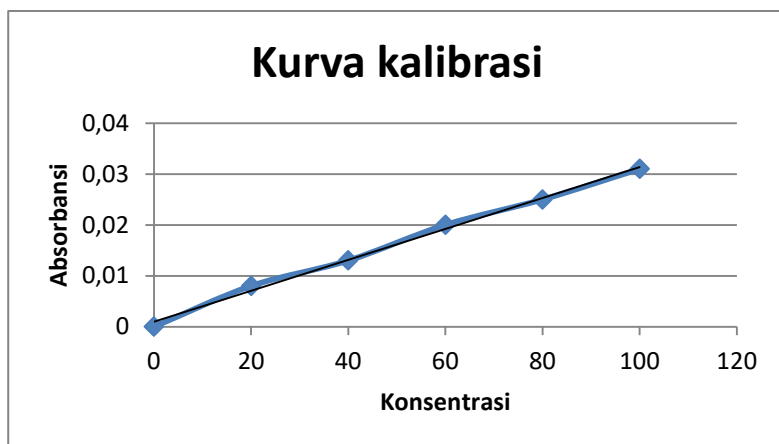
**Tabel L.C. 3 Data pengamatan panjang gelombang maksimum 250 ppm**

Panjang Gelombang	Absorbansi
435	0,056
445	0,058
465	0,056
475	0,055
480	0,054
436	0,056
437	0,055
438	0,056
439	0,056
440	0,057
441	0,058
442	0,058
443	0,058
444	0,06
446	0,058
447	0,058
448	0,056
449	0,055
450	0,054
451	0,057
452	0,057
453	0,056
454	0,056

#### 4. Kurva Kalibrasi 0 – 100 ppm

Tabel L.C. 4 Data pengamatan kurva kalibrasi

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi ( $\text{\AA}$ )
0	0
20	0,008
40	0,013
60	0,02
80	0,025
100	0,031



Gambar L.C. 1 Kurva Kalibrasi 0 - 100 ppm

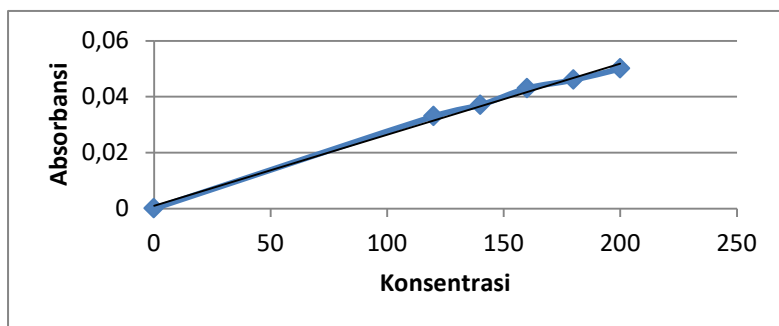
**Tabel L.C. 5 Hasil Pengamatan Kurva Kalibrasi 0 – 100 ppm**

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,997919915
R Square	0,995844156
Adjusted R Square	0,994805195
Standard Error	0,000822308
Observations	6
Intercept	0,000952381
X konsentrasi	0,000304286

## 5. Kurva Kalibrasi 120 – 200 ppm

**Tabel L.C. 6 Data pengamatan kurva kalibrasi 120 – 200 ppm**

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (Å)
0	0
120	0,033
140	0,037
160	0,043
180	0,046
200	0,05



**Gambar L.C. 2 Kurva Kalibrasi 120 – 200 ppm**

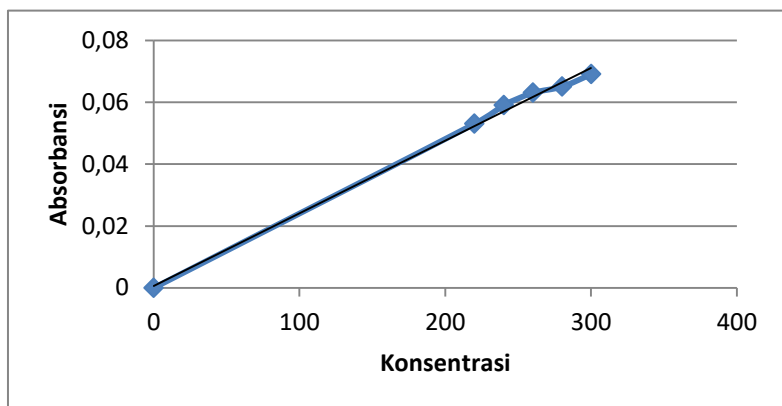
**Tabel L.C. 7 Hasil Kurva Kalibrasi 120 – 200 ppm**

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,997224942
R Square	0,994457586
Adjusted R Square	0,993071982
Standard Error	0,001508746
Observations	6
Intercept	0,000973684
X Konsentrasi	0,000253947

## 6. Kurva Kalibrasi 220 – 300 ppm

**Tabel L.C. 8 Data pengamatan kurva kalibrasi 220 – 300 ppm**

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (Å)
0	0
220	0,053
240	0,059
260	0,063
280	0,065
300	0,069



**Gambar L.C. 3 Kurva Kalibrasi 220 – 300 ppm**



**Tabel L.C. 9 Hasil Kurva Kalibrasi 220 300 ppm**

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,998062805
R Square	0,996129363
Adjusted R Square	0,995161704
Standard Error	0,001795482
Observations	6
Intercept	0,000685083
X Konsentrasi	0,00023453

**7. Uji Analisis Quality Control**

Sampel = 100 mg/L

Jumlah sampel = 30

**Tabel L.C. 10 Analisis Quality Control**

Sampel	Absorbansi	Konsentrasi (mg/L)	Moving Range	UCL	LCL	xbar
1	0,031	100	0	104,21	95,35	99,78
2	0,031	100	0	104,21	95,35	99,78
3	0,031	100	0	104,21	95,35	99,78
4	0,031	100	0	104,21	95,35	99,78
5	0,031	100	0	104,21	95,35	99,78
6	0,031	100	0	104,21	95,35	99,78
7	0,032	103,33	3,33	104,21	95,35	99,78
8	0,031	100	3,33	104,21	95,35	99,78
9	0,03	96,67	3,33	104,21	95,35	99,78
10	0,031	100	3,33	104,21	95,35	99,78
11	0,031	100	0	104,21	95,35	99,78
12	0,03	96,67	3,33	104,21	95,35	99,78
13	0,031	100	3,33	104,21	95,35	99,78
14	0,031	100	0	104,21	95,35	99,78
15	0,031	100	0	104,21	95,35	99,78
16	0,031	100	0	104,21	95,35	99,78

Lanjutan Tabel L.C 10

Sampel	Absorbansi	Konsentrasi (mg/L)	Moving Range	UCL	LCL	xbar
17	0,03	96,67	3,33	104,21	95,35	99,78
18	0,031	100	3,33	104,21	95,35	99,78
19	0,031	100	0	104,21	95,35	99,78
20	0,031	100	0	104,21	95,35	99,78
21	0,031	100	0	104,21	95,35	99,78
22	0,031	100	0	104,21	95,35	99,78
23	0,032	103,33	3,33	104,21	95,35	99,78
24	0,031	100	3,33	104,21	95,35	99,78
25	0,03	96,67	3,33	104,21	95,35	99,78
26	0,031	100	3,33	104,21	95,35	99,78
27	0,03	96,67	3,33	104,21	95,35	99,78
28	0,031	100	3,33	104,21	95,35	99,78
29	0,031	100	0	104,21	95,35	99,78
30	0,032	103,33	3,33	104,21	95,35	99,78

## 8. Analisa pH

Tabel L.C. 11 Data analisa pH tanaman mangrove hari ke – 5

Sampel	pH <i>Rhizophora apiculata</i>	pH <i>Avicennia marina</i>
Blanko 1	8,38	8,89
Blanko 2	8,54	8,84
Blanko 3	8,89	8,85
100 mg/L 1	8,43	8,94
100 mg/L 2	8,72	8,9
100 mg/L 3	8,49	8,68
200 mg/L 1	8,32	8,73
200 mg/L 2	8,29	8,82
200 mg/L 3	8,38	8,76
300 mg/L 1	8,34	8,42
300 mg/L 2	8,53	8,37
300 mg/L 3	8,82	8,19

**Tabel L.C. 12 Data analisa pH tanaman mangrove hari ke – 10**

Sampel	pH <i>Rhizophora apiculeta</i>	pH <i>Avicennia marina</i>
Blanko 1	8,29	8,82
Blanko 2	8,49	8,76
Blanko 3	8,82	8,75
100 mg/L 1	8,28	8,86
100 mg/L 2	8,49	8,87
100 mg/L 3	8,31	8,49
200 mg/L 1	8,21	8,76
200 mg/L 2	8,21	8,64
200 mg/L 3	8,31	8,23
300 mg/L 1	8,25	8,42
300 mg/L 2	8,37	8,21
300 mg/L 3	8,6	8,1

**Tabel L.C. 13 Data analisa pH tanaman mangrove hari ke – 15**

Sampel	pH <i>Rhizophora apiculeta</i>	pH <i>Avicennia marina</i>
Blanko 1	7,81	8,4
Blanko 2	8,13	8,42
Blanko 3	8,49	8,32
100 mg/L 1	7,85	8,48
100 mg/L 2	8,12	8,3
100 mg/L 3	8,06	8,18
200 mg/L 1	8,01	8,72
200 mg/L 2	7,99	8,31
200 mg/L 3	7,97	7,98
300 mg/L 1	8,11	8
300 mg/L 2	7,99	7,89
300 mg/L 3	7,94	7,85

**Tabel L.C. 14 Data analisa pH tanaman mangrove hari ke – 20**

Sampel	pH <i>Rhizopora apiculeta</i>	pH <i>Avicennia marina</i>
Blanko 1	7,76	7,96
Blanko 2	7,94	8,4
Blanko 3	8,45	8,25
100 mg/L 1	7,72	8,43
100 mg/L 2	8,1	8,3
100 mg/L 3	7,93	8,1
200 mg/L 1	7,99	8,71
200 mg/L 2	7,83	8,15
200 mg/L 3	7,9	7,98
300 mg/L 1	8,01	7,99
300 mg/L 2	7,85	7,88
300 mg/L 3	7,76	7,85

## 9. Analisa Logam Zn

**Tabel L.C. 15 Data pengamatan analisa logam Zn hari ke - 5**

Sampel	Absorbansi	<i>Rhizopora apiculeta</i> (Mg/L)	Absorbansi	<i>Avicennia marina</i> (Mg/L)
Blanko 1	0	0	0	0
Blanko 2	0	0	0	0
Blanko 3	0	0	0	0
100 mg/L 1	0	0	0	0
100 mg/L 2	0,006	16,83	0,007	20,17
100 mg/L 3	0,012	36,83	0,014	43,50
200 mg/L 1	0	0,00	0	0,00

Lanjutan Tabel L.C. 15

Sampel	Absorbansi	<i>Rhizopora apiculeta</i> (mg/L)	Absorbansi	<i>Avicennia marina</i> (mg/L)
200 mg/L 2	0,013	40,17	0,015	46,83
200 mg/L 3	0,025	80,17	0,028	90,17
300 mg/L 1	0	0,00	0	0,00
300 mg/L 2	0,02	63,50	0,022	70,17
300 mg/L 3	0,042	136,83	0,045	146,83

**Tabel L.C. 16 Data pengamatan analisa logam Zn hari ke – 10**

Sampel	Absorbansi	<i>Rhizopora apiculeta</i> (mg/L)	Absorbansi	<i>Avicennia marina</i> (mg/L)
Blanko 1	0	0	0	0
Blanko 2	0	0	0	0
Blanko 3	0	0	0	0
100 mg/L 1	0	0	0	0
100 mg/L 2	0,004	10,17	0,006	16,83
100 mg/L 3	0,009	26,83	0,012	36,83
200 mg/L 1	0	0,00	0	0,00
200 mg/L 2	0,01	30,17	0,014	43,50
200 mg/L 3	0,02	63,50	0,027	86,83

Lanjutan Tabel L.C 16

Sampel	Absorbansi	<i>Rhizopora apiculeta</i> (mg/L)	Absorbansi	<i>Avicennia marina</i> (mg/L)
300 mg/L 1	0	0,00	0	0,00
300 mg/L 2	0,016	50,17	0,021	66,83
300 mg/L 3	0,039	126,83	0,044	143,50

**Tabel L.C. 17 Data pengamatan analisa logam Zn hari ke – 15**

Sampel	Absorbansi	<i>Rhizopora apiculeta</i> (mg/L)	Absorbansi	<i>Avicennia marina</i> (mg/L)
Blanko 1	0	0	0	0
Blanko 2	0	0	0	0
Blanko 3	0	0	0	0
100 mg/L 1	0	0	0	0
100 mg/L 2	0,003	6,83	0,005	13,50
100 mg/L 3	0,007	20,17	0,011	33,50
200 mg/L 1	0	0,00	0	0,00
200 mg/L 2	0,008	23,50	0,013	40,17
200 mg/L 3	0,016	50,17	0,026	83,50
300 mg/L 1	0	0,00	0	0,00

Lanjutan Tabel L.C. 17

Sampel	Absorbansi	<i>Rhizopora apiculeta</i> (mg/L)	Absorbansi	<i>Avicennia marina</i> (mg/L)
300 mg/L 2	0,013	40,17	0,02	63,50
300 mg/L 3	0,037	120,17	0,043	140,17

**Tabel L.C. 18 Data pengamatan analisa logam Zn hari ke – 20**

Sampel	Absorbansi	<i>Rhizopora apiculeta</i> (mg/L)	Absorbansi	<i>Avicennia marina</i> (mg/L)
Blanko 1	0	0	0	0
Blanko 2	0	0	0	0
Blanko 3	0	0	0	0
100 mg/L 1	0	0	0	0
100 mg/L 2	0,002	3,50	0,004	10,17
100 mg/L 3	0,006	16,83	0,01	30,17
200 mg/L 1	0	0,00	0	0,00
200 mg/L 2	0,007	20,17	0,012	36,83
200 mg/L 3	0,013	40,17	0,025	80,17
300 mg/L 1	0	0,00	0	0,00
300 mg/L 2	0,011	33,50	0,019	60,17
300 mg/L 3	0,036	116,83	0,042	136,83

## 10. Aplikasi Mangrove

**Tabel L.C. 19 Hasil perhitungan luas lahan mangrove *Rhizopora apiculata***

Nama Perusahaan	Debit (m <sup>3</sup> /hari)	Konsentrasi (mg/L)	Waktu detensi (hari)	Volume reaktor (L)	Kemampuan Removal mangrove (mg/L)
X	140,5	50	2	8	183,17
X	140,5	150	2	8	183,17
X	140,5	300	2	8	183,17
Y	30	50	2	8	183,17
Y	30	150	2	8	183,17
Y	30	300	2	8	183,17
Z	150	50	2	8	183,17
Z	150	150	2	8	183,17
Z	150	300	2	8	183,17

**Tabel L.C. 20 Lanjutan hasil perhitungan luas lahan mangrove *Rhizopora apiculata***

Nama Perusahaan	Beban 1 mangrove (mg/hari)	Beban total (mg/hari)	Mangrove yang dibutuhkan	Luas lahan (ha)
X	1465,36	14050000	9588	0,48
X	1465,36	42150000	28764	1,44
X	1465,36	84300000	57529	2,88
Y	1465,36	3000000	2047	0,10
Y	1465,36	9000000	6142	0,31
Y	1465,36	18000000	12284	0,61
Z	1465,36	15000000	10236	0,51
Z	1465,36	45000000	30709	1,54
Z	1465,36	90000000	61418	3,07



**Tabel L.C. 21 Hasil perhitungan luas lahan mangrove *Avicennia marina***

Nama perusahaan	Debit (m <sup>3</sup> /hari)	Konsentrasi (mg/L)	Waktu detensi (hari)	Volume reaktor (L)	Kemampuan Removal mangrove (mg/L)
X	140,5	50	2	8	163,17
X	140,5	150	2	8	163,17
X	140,5	300	2	8	163,17
Y	30	50	2	8	163,17
Y	30	150	2	8	163,17
Y	30	300	2	8	163,17
Z	150	50	2	8	163,17
Z	150	150	2	8	163,17
Z	150	300	2	8	163,17

**Tabel L.C. 22 Lanjutan hasil perhitungan luas lahan mangrove *Avicennia marina***

Nama perusahaan	Beban 1 mangrove (mg/hari)	Beban total (mg/hari)	Mangrove yang dibutuhkan	Luas lahan (ha)
X	1305,36	14050000	10763	0,54
X	1305,36	42150000	32290	1,61
X	1305,36	84300000	64580	3,23
Y	1305,36	3000000	2298	0,11
Y	1305,36	9000000	6895	0,34
Y	1305,36	18000000	13789	0,69
Z	1305,36	15000000	11491	0,57
Z	1305,36	45000000	34473	1,72
Z	1305,36	90000000	68946	3,45

## 11. Uji Signifikansi

Tabel L.C. 23 Data pengamatan uji signifikansi

Removal	Jenis Tanaman	Konsentrasi
100,00%	1	100
96,50%	1	200
83,17%	1	300
100,00%	1	100
89,92%	1	200
79,92%	1	300
100,00%	1	100
88,83%	1	200
61,06%	1	300
100,00%	2	100
89,83%	2	200
69,83%	2	300
100,00%	2	100
81,58%	2	200
59,92%	2	300
100,00%	2	100
79,94%	2	200
54,39%	2	300

**Tabel L.C. 24 Hasil Uji Signifikansi**

Factor	Type	Level s	Values			
Jenis Tanaman	Fixed	2	1 ; 2			
Konsentra si	Fixed	3	100 ; 200 ; 300			
Analysis of Variance for Removal, using Adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Jenis tumbuhan	1	0,022	0,02	0,022	5,01	0,042
Konsentra si	2	0,311	0,31	0,155	34,4	6,7E-07
Error	14	0,063	0,06	0,004		
Total	17	0,397				

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LAMPIRAN D DOKUMENTASI PENELITIAN



**Gambar L.D. 1 Analisa Suhu Menggunakan Thermometer**



**Gambar L.D. 2 Analisa pH Menggunakan pH meter**



**Gambar L.D. 3 Botol Tempat Penyimpanan Serbuk  $\text{ZnSO}_4$**



**Gambar L.D. 4 Botol Tempat Penyimpanan Larutan phenanthroline**



**Gambar L.D. 5 Botol Tempat Penyimpanan Larutan Asetat buffer**



**Gambar L.D. 6 Uji Logam Zn Menggunakan Spektrofotometri**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## BIOGRAFI PENULIS



Isbir Farhan dilahirkan di Serang, Banten pada tanggal 11 Oktober 1993. Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 03 Kota Serang pada tahun 2000-2006, kemudian di lanjutkan di SMPN 1 Kota Serang pada tahun 2006-2009, sedangkan di Sekolah Menengah Analis Kimia Bogor (Program 4 tahun) pada tahun 2009-2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan FTSP Institut Teknologi Sepuluh

Nopember pada tahun 2013. Penulis pernah aktif sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) dan Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia (IMTLI) pada tahun 2014-2015 sebagai staff Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa HMTL dan Kepala Departemen Dalam Negeri IMTLI. Pada tahun 2015-2016 sebagai Wakil Ketua Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan bidang Relasi Organisasi. Penulis juga sempat aktif pada berbagai lomba, *student exchange* maupun kepanitiaan di tingkat institut. Pada tahun 2014 pernah menjadi juara 1 lomba *Businessplan Competition*, mengikuti *Asean Exchange Program* di Thailand dan Malaysia pada tahun 2015 & 2016 dan juga pernah menjadi Wakil Ketua *Young Engineer & Scientist ASEAN* pada tahun 2015. Pada tahun 2016, penulis melaksanakan Kerja Praktek di PT. Adiprima Suraprinta Gresik di bidang pengolahan limbah cair. Bagi pembaca yang memiliki saran dan kritik maka bisa menghubungi melalui email [isbirfarhan@yahoo.co.id](mailto:isbirfarhan@yahoo.co.id)